



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

Instituto de Química
Departamento de Química Analítica

**TRANSFORMAÇÕES DE VARIÁVEIS QUALITATIVAS EM
QUANTITATIVAS; UM ESTUDO DE CASO.**

MARINA WAJSENZON DA FONSECA

RIO DE JANEIRO

Fevereiro 2017

Marina Wajsenzon da Fonseca

**TRANSFORMAÇÕES DE VARIÁVEIS QUALITATIVAS EM
QUANTITATIVAS; UM ESTUDO DE CASO.**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Instituto de
Química da Universidade
Federal do Rio de Janeiro,
como parte dos requisitos
necessários à obtenção do grau
de Químico com Atribuições
Tecnológicas.

Orientador: Prof. Paula Fernandes de Aguiar
Orientador: Prof. Daniella Lopez Vale

Rio de Janeiro

Fevereiro 2017

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que sempre me incentivaram e acreditaram em minha capacidade de concluir minha graduação, em especial:

- Aos meus pais Ina Raquel e Marcelo, por proporcionar a melhor educação, por me ensinarem sempre a fazer o certo, por me apoiarem e me amarem incondicionalmente, por sempre acreditar em mim, me incentivar e me dar broncas quando necessário;
- A minha irmã Rachel, por me apoiar e me amar incondicionalmente, por ser a melhor amiga, por sempre estar ao meu lado, me incentivar e me dar broncas quando necessário;
- Ao meu noivo Luís Felipe, pelo seu amor, por acreditar em mim, por ser paciente e estar sempre ao meu lado;
- Aos meus familiares, em especial meus avós maternos, Irene e Isack, minhas madrinhas Inês Júlia e Rosângela, ao meu padrinho Marcos César e a todos os meus primos por todo amor e carinho que sempre tiveram comigo;
- Aos familiares, *in memoriam*, em especial minha bisavó Julieta, minha avó Margarida e meu avô Manuel que não estão mais conosco, mas contribuíram para que me tornasse a pessoa que sou hoje;
- As minhas orientadoras Paula Fernandes de Aguiar e Daniella Lopez Vale, por me ensinar, orientar, e principalmente por me ajudar;
- Às minhas amigas, Michelle e Nathalia por sempre me apoiarem, por sempre me dizerem que eu sou capaz e por todas as risadas;
- Por último, mas não menos importante, à Deus pela minha própria vida;

RESUMO

Para a boa parte das respostas mensuradas em avaliação de alimentos usa-se escalas quantitativas contínuas. No entanto, há respostas que não podem ser compreendidas do ponto de vista quantitativo sendo então, avaliadas de forma qualitativa como aroma e sabor, por exemplo. Apesar de parecerem mais simples de serem obtidas esbarra-se no inconveniente “tratamento” de dados. Como tratar respostas do tipo sabor “bom/ruim”, bolo “muito fofo/muito duro”? Faz-se uma análise sensorial, onde as pessoas provam o bolo, avaliam seu sabor, textura, etc, e dão “notas” em escalas pré-definidas. Utiliza-se uma abordagem estatística para transformar respostas qualitativas em quantitativas.

Este trabalho teve como objetivo avaliar se a transformação de variáveis dependentes qualitativas em quantitativas resultaria em uma conclusão equivalente. Para isso, foi feito uma análise sensorial de bolos de chocolate, utilizando teste sensorial afetivo. Para determinar como e quantos experimentos seriam feitos, utilizou-se um planejamento experimental do tipo Plackett-Burman. Após a realização desses experimentos, foi proposto um modelo matemático quantitativo e um qualitativo para cada resposta. Calculou-se os coeficientes a fim de analisar os comportamentos de cada variável e determinar quais as de maior importância. Os coeficientes de maior importância dos modelos quantitativo e qualitativo foram comparados e concluiu-se que nem sempre as transformações chegam aos mesmos resultados.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Representação gráfica do procedimento usado no corte dos bolos.	19
Figura 2: Cartaz de convocação para participar da análise sensorial do bolo de chocolate	20
Figura 3: Questionário ao qual os candidatos foram submetidos.	20
Figura 4: Ficha de Análise.	22
Figura 5: Representação gráfica da função resposta para sabor e aparência do bolo.	22
Figura 6: Representação gráfica da função resposta para sabor de chocolate, doçura, textura, firmeza, denso/pesado e umidade.	23
Figura 7a representação gráfica da percentagem das pessoas que gostam ou não de bolo de chocolate e 7b representação gráfica da frequência de consumo do bolo de chocolate.	25
Figura 8: lista de medicações associadas a alteração do paladar.	26
Figura 9: Cavidade nasal e faringe (nasofaringe, orofaringe e hipofaringe). Fonte: http://wesleibio.blogspot.com.br/2016_04_27_archive.html	27
Figura 10: Exemplo de distribuição normal com histograma e gaussiana. Fonte: https://somentequidade.wordpress.com/2012/05/15/histograma/	48
Figura 11: Histogramas relativos à resposta “sabor do bolo”: B1 histograma bolo1; B2 histograma bolo2; B3 histograma bolo3; B4 histograma bolo4; B5 histograma bolo5; B6 histograma bolo6; B7 histograma bolo7; B8 histograma bolo8; B9 histograma bolo9	49
Figura 12: Histograma relativo à resposta “aparência do bolo”: B1 histograma bolo1; B2 histograma bolo2; B3 histograma bolo3; B4 histograma bolo4; B5 histograma bolo5; B6 histograma bolo6; B7 histograma bolo7; B8 histograma bolo8; B9 histograma bolo9	51
Figura 13: Histogramas relativos à resposta “sabor de chocolate”: B1 histograma bolo1; B2 histograma bolo2; B3 histograma bolo3; B4 histograma bolo4; B5 histograma bolo5; B6 histograma bolo6; B7 histograma bolo7; B8 histograma bolo8; B9 histograma bolo9.	52
Figura 14: Histogramas relativos à resposta “doçura do bolo”: B1 histograma bolo1; B2 histograma bolo2; B3 histograma bolo3; B4 histograma bolo4; B5 histograma bolo5; B6 histograma bolo6; B7 histograma bolo7; B8 histograma bolo8; B9 histograma bolo9	53
Figura 15: Histogramas relativos à “textura do bolo”: B1 histograma bolo1; B2 histograma bolo2; B3 histograma bolo3; B4 histograma bolo4; B5 histograma bolo5; B6 histograma bolo6; B7 histograma bolo7; B8 histograma bolo8; B9 histograma bolo9	55
Figura 16: Histogramas relativos à resposta “firmeza do bolo”: B1 histograma bolo1; B2 histograma bolo2; B3 histograma bolo3; B4 histograma bolo4; B5 histograma bolo5; B6 histograma bolo6; B7 histograma bolo7; B8 histograma bolo8; B9 histograma bolo9	56
Figura 17: Histogramas relativos à resposta “densidade do bolo”: B1 histograma bolo1; B2 histograma bolo2; B3 histograma bolo3; B4 histograma bolo4; B5 histograma bolo5; B6 histograma bolo6; B7 histograma bolo7; B8 histograma bolo8; B9 histograma bolo9.	57
Figura 18: Histogramas relativos à resposta “umidade do bolo”: B1 histograma bolo1; B2 histograma bolo2; B3 histograma bolo3; B4 histograma bolo4; B5 histograma bolo5; B6 histograma bolo6; B7 histograma bolo7; B8 histograma bolo8; B9 histograma bolo9.	58

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1	10
Equação 2	10
Equação 3	10
Equação 4	24
Equação 5	37
Equação 6	37
Equação 7	37
Equação 8	37
Equação 9	37
Equação 10	37
Equação 11	46
Equação 12	46
Equação 13	46
Equação 14	46
Equação 15	46
Equação 16	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Matriz do planejamento de Plackett-Burman para otimização de até 7 variáveis.	9
Tabela 2: Variáveis independentes selecionadas e seus respectivos níveis.	16
Tabela 3: Correspondência entre variável qualitativa e quantitativa usadas no estudo de caso.	17
Tabela 4: Matriz de experimentos contendo os ingredientes e suas quantidades.	18
Tabela 5: Número de participantes na degustação por horário.	28
Tabela 6: Condições experimentais e respectivas notas obtidas para cada uma.	29
Tabela 7: Condições experimentais e respectivas notas obtidas para cada uma.	30
Tabela 8: Condições experimentais e respectivas notas obtidas para cada uma.	30
Tabela 9: Condições experimentais e respectivas notas obtidas para cada uma.	31
Tabela 10: Condições experimentais e respectivas notas obtidas para cada uma.	32
Tabela 11: Condições experimentais e respectivas notas obtidas para cada uma.	32
Tabela 12: Condições experimentais e respectivas notas obtidas para cada uma.	33
Tabela 13: Condições experimentais e respectivas notas obtidas para cada uma.	34
Tabela 14: Valores dos coeficientes do modelo calculado para respostas quantitativas.	34
Tabela 15: Condições experimentais e respectivas notas obtidas para cada uma.	38
Tabela 16: Condições experimentais e respectivas notas obtidas para cada uma.	39
Tabela 17: Condições experimentais e respectivas notas obtidas para cada uma.	40
Tabela 18: Condições experimentais e respectivas notas obtidas para cada uma.	40
Tabela 19: Condições experimentais e respectivas notas obtidas para cada uma.	41
Tabela 20: Condições experimentais e respectivas notas obtidas para cada uma.	42
Tabela 21: Condições experimentais e respectivas notas obtidas para cada uma.	43
Tabela 22: Condições experimentais e respectivas notas obtidas para cada uma.	44
Tabela 23: Valores dos coeficientes do modelo calculado para para respostas qualitativas.	44
Tabela 24: Coeficientes selecionados como mais importantes, obtidos para os modelos quantitativo e qualitativo.	47

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	3
2. OBJETIVO	6
2.1. GERAL	6
2.2. ESPECÍFICOS	6
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	7
3.1. OTIMIZAÇÃO	7
3.1.1. PLANEJAMENTOS DE PLACKETT-BURMAN	9
3.2. ANÁLISE SENSORIAL	11
4. METODOLOGIA.....	13
4.1. ESTUDO DE CASO: O BOLO DE CHOCOLATE	13
4.1.1. RECEITA DO BOLO DE CHOCOLATE	14
4.2. SELEÇÃO DE VARIÁVEIS	15
4.2.1. VARIÁVEIS DEPENDENTES SELECIONADAS PARA A REALIZAÇÃO DO ESTUDO	15
4.2.2. VARIÁVEIS INDEPENDENTES SELECIONADAS	15
4.2.3. CORRESPONDÊNCIA ENTRE AS VARIÁVEIS DEPENDENTES QUALITATIVAS E QUANTITATIVAS	16
4.3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	17
4.3.1. MATERIAIS UTILIZADOS	17
4.3.2. PREPARAÇÃO DOS BOLOS.....	17
4.3.3. ANÁLISE SENSORIAL.....	18
4.3.3.1. SELEÇÃO DOS PROVADORES.....	19
4.3.3.2. TESTE AFETIVO.....	21
4.4. MODELAGEM	23
4.4.1. DETERMINAÇÃO DO MODELO	23
4.4.1.1. RESPOSTAS QUANTITATIVAS	23
4.4.1.2. RESPOSTAS QUALITATIVAS	24
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5.1. ANÁLISE SENSORIAL	25
5.1.1. AVALIAÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS E DAS FICHAS DE ANÁLISE	25
5.2. MODELAGEM	28
5.2.1. RESPOSTAS QUANTITATIVAS	28
5.2.1.1. SABOR DO BOLO	28
5.2.1.2. APARÊNCIA DO BOLO	29
5.2.1.3. SABOR DE CHOCOLATE	30
5.2.1.4. DOÇURA.....	31
5.2.1.5. TEXTURA DO BOLO	31
5.2.1.6. FIRMEZA DO BOLO.....	32
5.2.1.7. PESADO/DENSO	33
5.2.1.8. UMIDADE	33
5.2.1.9. CÁLCULO DOS COEFICIENTES.....	34
5.2.2. RESPOSTAS QUALITATIVAS	37
5.2.2.1. SABOR DO BOLO	37
5.2.2.2. APARÊNCIA DO BOLO	38
5.2.2.3. SABOR DE CHOCOLATE	39

5.2.2.4. DOÇURA.....	40
5.2.2.5. TEXTURA DO BOLO	41
5.2.2.6. FIRMEZA DO BOLO.....	41
5.2.2.7. PESADO/DENSO.....	42
5.2.2.8. UMIDADE	43
5.2.2.9. CÁLCULO DOS COEFICIENTES.....	44
5.2.3. COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS	46
5.2.4. ANÁLISE POR HISTOGRAMA	48
5.2.4.1. SABOR DO BOLO	48
5.2.4.2. APARENCIA DO BOLO	49
5.2.4.3. SABOR DE CHOCOLATE	51
5.2.4.4. DOÇURA.....	52
5.2.4.5. TEXTURA DO BOLO	54
5.2.4.6. FIRMEZA DO BOLO.....	55
5.2.4.7. PESADO/DENSO	56
5.2.4.8. UMIDADE	57
6. CONCLUSÕES.....	59
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
ANEXO.....	64
RESPOSTAS COMPILADAS POR ATRIBUTO.....	64
UMA BREVE HISTÓRIA SOBRE BOLO	66
UMA BREVE HISTÓRIA SOBRE O CHOCOLATE.....	67
O BOLO DE CHOCOLATE	68

1. INTRODUÇÃO

Os resultados de uma análise podem ser quantitativos ou qualitativos. Quando massa, tempo, comprimento, entre outros, são mensurados, usam-se escalas quantitativas contínuas. Para a grande maioria das respostas mensuradas, estas escalas são bastante adequadas. A análise quantitativa determina a(s) quantidade(s) de espécie(s) química(s) alvo, presente(s) em uma amostra. A abordagem quantitativa se esforça para garantir a neutralidade e a objetividade das informações coletadas. Os resultados são avaliados através da análise de dados com apoio da estatística ou outras técnicas matemáticas, com intuito de agregar significado ao resultado final (Fraser e Gondim, 2004).

No entanto, há respostas que não podem ser compreendidas do ponto de vista quantitativo, sendo então, avaliadas de forma qualitativa. A isto, dá-se o nome de abordagem qualitativa (Fraser e Gondim, 2004). Algumas destas respostas são aroma, sensação tátil, sabor, etc. A análise qualitativa estabelece a identidade de espécies químicas presentes em uma amostra. O pesquisador que mede respostas qualitativas está preocupado com a qualidade e o significado (subjetivo) das respostas obtidas; seus dados são analisados de forma indutiva (Bento, 2012; Fraser e Gondim, 2004). O método qualitativo, de acordo com Turato (2005), além de um modo de pesquisa, cria um modelo de entendimento profundo de ligações entre elementos, e fala de uma ordem que é invisível ao olhar comum.

Apesar de parecer mais simples de serem obtidas, esbarram no inconveniente “tratamento” de dados. Como tratar as respostas qualitativas? Como interpretar respostas do tipo “gostoso/não gostoso”, “cheira bem/cheiro ruim”, “áspero ao tato/suave ao tato”. Há muito utilizam-se painéis com pessoas que provam, sentem o aroma, avaliam texturas, etc, e dão “notas” que variam em escalas pré-definidas. Estes painéis costumam ser muito caros, possuem uma série de limitações técnicas e necessitam de um tempo razoável para serem terminados. Além disto, é fundamental que o grupo de pessoas que formará os painéis esteja muito bem treinado, que este treinamento seja sempre constante e que o número de pessoas seja tal que, na ausência de umas poucas, ainda assim o estudo possa continuar.

Esta estratégia substitui as respostas qualitativas por quantitativas, de forma a usar uma abordagem estatística. Esta é considerada, de acordo com Minayo e Sanches (1993), mais rápida, mais fácil de ser viabilizada e capaz de abranger um número maior de casos.

O uso de análises qualitativas foi considerado por muitos como métodos pré-científicos, subjetivistas ou até reportagens malfeitas.

“Pesquisadores tinham os manuscritos rejeitados devido aos trabalhos serem considerados não-científicos ” (Turato, 2005).

Sem dúvida, trabalhar com medidas numéricas é mais fácil do que com avaliações sensoriais.

As pesquisas qualitativas começaram a ser mais aceitas recentemente em algumas áreas, como ciências sociais, administração, marketing e saúde. Com a busca pela satisfação do cliente e também, para melhor compreensão da vida de pacientes, profissionais dão cada vez mais importância ao método qualitativo (Freir *et al.*, 2003 e Turato, 2005).

Porém, a pesquisa qualitativa ainda não é muito bem compreendida e utilizada. Por isso, profissionais de diversas áreas estão estudando cada vez mais para que um dia, quem sabe, esse método possa ser tão utilizado quanto o método quantitativo (Turato, 2005).

De acordo com Minayo (2009), podem-se utilizar indicadores para detalhar se os objetivos de uma proposta estão sendo bem conduzidos (avaliação de processo) ou foram alcançados (avaliação de resultados). Quando observados do ponto de vista quantitativo e qualitativo, os indicadores se referem aos aspectos tangíveis (elementos facilmente observáveis) e intangíveis (elementos obtidos indiretamente, mas são percebidos).

Esses indicadores são utilizados para tentar diminuir erros e perdas. A fim de ajudar nesse objetivo, o pesquisador deve ter uma concepção exata dos métodos e sistemas com os quais quer trabalhar, fazendo uso de um processo de otimização.

Muitos estudos vêm sendo conduzidos para superar as dificuldades da valorização dos ativos intangíveis das organizações. Entretanto, ainda permanecem inúmeros questionamentos.

No âmbito científico, respostas qualitativas ainda são normalmente evitadas buscando-se uma neutralidade científica e um rigor metodológico mais próprio da ciência natural (Dalfovo *et al.*, 2008).

No entanto, trabalhar com intangíveis é uma tarefa que não se tem domínio razoável. Tenta-se transformar os resultados de respostas qualitativas, em resultados quantitativos para que se possa aplicar testes estatísticos e fazer modelagem destas respostas, no intuito de se construir modelos que, em teoria, deveriam representar a resposta estudada e, a partir deles, inferir sobre melhoria em processos, por exemplo, de fabricação.

Essa forma de transposição de resultados (de respostas qualitativas para respostas quantitativas) a fim de mensurar as mais diversas características de um processo ou produto, visa facilitar e generalizar a interpretação das mesmas, e desde 1920 escalas têm sido adotadas com esta finalidade (Minayo, 2009). Essa abordagem se traduz na tentativa de simplificar a visualização dos dados para gerar conclusões confiáveis.

A maior limitação relacionada a respostas qualitativas no âmbito científico se encontra na interpretação e confiabilidade gerada pelas mesmas. Essa abordagem é realizada empregando-se análise sensorial através de um grupo de respostas representativo, baseado em uma relação estatística, agregando maior confiabilidade à conclusão dos resultados gerados.

A resistência a essa abordagem se traduz no fato de respostas de natureza qualitativa serem transformadas em respostas quantitativas através de utilização de escalas, para maior facilidade à aplicação de um modelo clássico de interpretação. Essa resistência é bastante compreensível, a partir do momento que não se tem certeza de que transformar respostas qualitativas em quantitativas terão êxito para toda e qualquer situação.

É razoável imaginar que em situações bastante simples, esta transposição tenha resultado positivo, mas em outras, o resultado pode não ser alcançado, levando a conclusões muito distintas. Assim, faz-se necessário entender as possíveis relações existentes entre respostas qualitativas e quantitativas a fim de verificar se é possível transformá-las. Neste trabalho, pretende-se avaliar as transformações de variáveis qualitativas em quantitativas, através dos resultados obtidos.

Vale ressaltar que não foi encontrado na literatura nenhum trabalho do gênero.

2. OBJETIVO

2.1. GERAL

O objetivo do presente trabalho é avaliar se a transformação de variáveis dependentes qualitativas em quantitativas resulta em uma conclusão equivalente. Isto será realizado através de um estudo de caso.

2.2. ESPECÍFICOS

Para isso, faz-se necessário:

- ✓ Selecionar o estudo de caso
- ✓ Realizar a avaliação sensorial
- ✓ Tratar as respostas da análise sensorial
- ✓ Comparar os resultados da otimização quando se usam respostas qualitativas quando estas são transformadas em quantitativas.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. OTIMIZAÇÃO

O processo de otimização é visto como uma ferramenta da qualidade para se atingir a excelência para um determinado produto (Borsato *et al.*, 2010).

Na otimização de um processo, os experimentos podem ser feitos modificando-se algumas variáveis de forma aleatória, onde as variáveis são escolhidas de acordo com a experiência no assunto, ou ainda segundo a intuição. A esta estratégia dá-se o nome de tentativa e erro e deve ser evitada, uma vez que não se pode ter certeza de quantos experimentos serão realizados, nem mesmo se o objetivo será, algum dia, atingido (Barros Neto *et al.*, 2001).

Outra maneira de se otimizar um processo é através da otimização univariada. Como o nome indica, esta estratégia modifica uma variável por vez, mantendo-se as demais fixas, no intuito de verificar a influência de cada variável de forma independente. Embora esta estratégia possa necessitar de um número menor de experimentos, não se pode garantir que as melhores condições experimentais encontradas sejam globais; na grande maioria dos casos, o ótimo encontrado é local. Isto acontece porque há, com frequência, interações entre as variáveis, que não são levadas em consideração quando se avalia uma variável por vez.

Para avaliar o comportamento das variáveis de maneira mais inteligente, faz-se uso da estratégia multivariada. A ferramenta que melhor representa esta estratégia são os Planejamentos de Experimentos (Massart *et al.*, 1997). Esse tipo de otimização requer um número menor de experimentos, já que todas as suas variáveis de interesse são avaliadas ao mesmo tempo (Borsato *et al.*, 2010).

O planejamento de experimentos tem como objetivo compreender os efeitos dos fatores (ou variáveis) com o mínimo de experimentos possível, exigindo assim, um mapeamento ordenado do espaço experimental (Silva, 2011). Ele permite conhecer o comportamento das variáveis envolvidas no processo e o conhecimento científico do estudo em questão, com o intuito de dar significado aos dados experimentais. Planejamento experimental pode ser entendido como a especificação detalhada de todas as operações experimentais que devem ser realizadas. Para objetivos diferentes há planejamentos diferentes (Barros Neto *et al.*, 2001).

Existem dois grupos de planejamentos de experiências; os que tem como objetivo principal selecionar as variáveis que tem maior influência nas respostas estudadas e aqueles com ênfase na modelagem propriamente dita, a partir da qual, poderão ser construídos modelos matemáticos que permitirão estimar as respostas em todo espaço de variáveis, sem a necessidade de realizarmos mais experiências (Eiras *et al.*, 2000 e Barros Neto *et al.*, 2001).

A aplicação destes planejamentos parte do pressuposto de que todos os erros experimentais são independentes e constantes.

Para uma otimização de processo é necessário (Eiras *et al.*, 2000 e Barros Neto *et al.*, 2001):

- a. Definir as variáveis dependentes, ou seja, as respostas de interesse, para o sistema em estudo;
- b. Determinar as variáveis independentes, isto é, os fatores, que podem apresentar influências significativas sobre as respostas do sistema a ser estudado;
- c. Definir o objetivo a ser alcançado com os experimentos, para escolher o planejamento mais adequado.

A fim de estudar o efeito de uma variável independente sobre uma resposta, precisamos variar seu nível (diferentes valores dados a uma variável), e observar o resultado dessa variação sobre a resposta. Sabe-se que existe uma interação entre as variáveis quando o efeito de uma delas depende do nível de outra (Barros Neto *et al.*, 2001 e Carvalheira, 2008).

No grupo de planejamentos com ênfase na seleção dos fatores mais importantes, esses três exemplos são os mais utilizados: Planejamentos Fatoriais Completos, Planejamentos Fracionários e Planejamentos de Plackett & Burman (Eiras *et al.*, 2000 e Barros Neto *et al.*, 2001 e Carvalheira, 2008).

- *Planejamento fatorial completo* - neste tipo de planejamento, o número de experimentos a ser realizado é igual a r^k , onde “r” representa o número de níveis a serem avaliados para cada variável, no mínimo de 2, e “k” representa o número de variáveis. Planejamentos fatoriais a dois níveis são os mais simples e os mais indicados quando o número de variáveis não é muito grande, por exemplo até 4 ou cinco.
- *Planejamento fatorial fracionário* - é mais utilizado quando o número de variáveis está entre 4 e 7. Com um número crescente de variáveis, cresce também o número

de experimentos e algumas dessas podem não ter tanta influência na resposta quando comparadas a outras. Porém, para não excluir uma variável que possa vir a ter importância deve-se conseguir trabalhar com um número maior de variáveis sem aumentar o número de experimentos.

- *Planejamento de Plackett-Burman* – este planejamento será mais detalhadamente explicado no item 3.1.1, já que foi o utilizado neste trabalho.

3.1.1. PLANEJAMENTOS DE PLACKETT-BURMAN

Os Planejamentos de Plackett-Burman são normalmente utilizados quando o número de variáveis é grande, por exemplo, de 7 ou mais, e permite estimar todos os $n-1$ efeitos principais isoladamente, onde n representa o número de ensaios. Para isso é admitido que não existam efeitos de interação, ou que estes sejam desprezíveis. É sugerido que se escolha um planejamento de Plackett-Burman que comporte um número maior de variáveis do que aquele que se deseja estudar de forma que as colunas não utilizadas façam o papel de variáveis inertes e possam ser empregadas para estimar o erro experimental, mesmo sem terem sido feitas replicatas dos experimentos (Barros Neto *et al.*, 2001 e Carvalheira, 2008).

Por exemplo, para a otimização de até sete variáveis, a matriz do planejamento está apresentada a seguir (Tabela 1).

Tabela 1: Matriz do planejamento de Plackett-Burman para otimização de até 7 variáveis.

EXP	VAR 1	VAR 2	VAR 3	VAR 4	VAR 5	VAR 6	VAR 7	Resposta
1	+1	+1	+1	-1	+1	-1	-1	Y_1
2	+1	+1	-1	+1	-1	-1	+1	Y_2
3	+1	-1	+1	-1	-1	+1	+1	Y_3
4	-1	+1	-1	-1	+1	+1	+1	Y_4
5	+1	-1	-1	+1	+1	+1	-1	Y_5
6	-1	-1	+1	+1	+1	-1	+1	Y_6
7	-1	+1	+1	+1	-1	+1	-1	Y_7
8	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	Y_8

VAR = variável; Y_n representa a nota calculada para aquele experimento.

A matriz do planejamento é uma matriz codificada, ou seja, os diferentes níveis são expressos por +1 ou -1, e representam os níveis alto e baixo, respectivamente, para cada variável.

Neste exemplo em particular, para estudar até 7 variáveis, 8 experimentos devem ser realizados.

Depois de definidas as variáveis independentes, a faixa de variação de cada uma delas deve ser escolhida. Se estes valores substituirão os níveis (+1) e (-1), transformando a matriz do planejamento em matriz de experimentos, que deverão ser executados em ordem aleatória para evitar possíveis efeitos de bloco¹.

Após a realização dos experimentos é proposto um modelo matemático que tem como função relacionar a resposta obtida e as variáveis estudadas. O modelo a ser representado para um planejamento de 2 níveis por variável e sem interações secundárias ou superior, é o polinômio de primeira ordem que está representado abaixo:

$$\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n + \varepsilon \quad \text{Equação 1}$$

Onde, \hat{y} é a resposta a ser otimizada, b_i representa cada coeficiente do modelo e x_i são as variáveis de estudo.

Para calcular esses coeficientes utiliza-se a seguinte equação:

$$b_i = E_i = \frac{\sum Y_+ - \sum Y_-}{r^{k-1}} \quad \text{Equação 2}$$

$$b_0 = \frac{\sum Y_n}{n} \quad \text{Equação 3}$$

Onde, b_n representa os coeficientes do modelo, b_0 é o valor da média de todas as respostas obtidas, $\sum Y_+$ é o somatório das respostas dos experimentos realizados no nível mais alto, representado na matriz de planejamento com +1, $\sum Y_-$ é o somatório das respostas dos experimentos realizados com a variável i no nível mais baixo, representado na matriz de planejamento com -1, r representa o número de níveis utilizados para cada variável e k representa o número de variáveis utilizadas no planejamento.

O polinômio empregado neste planejamento é completo, ou seja, possui um termo que não está associado a nenhuma variável (b_0) e os termos relativos à cada uma das variáveis estudadas (b_ix_i).

¹ Efeito de bloco é uma variação no resultado que pode acontecer na presença de fatores que perturbam o sistema, mas que não temos interesse em estudá-los. Esses fatores podem levar a não homogeneidade nos dados. [Barros Neto *et al.*, 2001].

O cálculo dos coeficientes é importante porque, através deles, é possível analisar o comportamento da mudança de nível de cada variável na(s) resposta(s) estudada(s), e determinar quais são aquelas de maior importância.

O valor (em módulo) do coeficiente indica quanto a mudança de nível daquela variável influencia na resposta, ou seja, quanto maior for o valor do efeito, maior será a influência desta variável na resposta medida. Consequentemente, a variável que possuir o coeficiente de maior valor, em módulo, é a variável mais importante, e a que possuir o menor coeficiente será a de menor importância para o estudo.

Para estimar os erros dos efeitos será considerado que os coeficientes calculados para as variáveis inertes sejam erros experimentais.

3.2. ANÁLISE SENSORIAL

A Análise Sensorial é definida como a disciplina científica usada para evocar, medir, analisar e interpretar as impressões causadas por alimentos e materiais nos órgãos dos sentidos, como a visão, olfato, gosto, tato e audição (Dutcosky, 2013 e Behrens, 2010).

De acordo com Dutcosky:

- Evocar: envolve procedimentos para preparar e servir as amostras sob condições controladas para minimizar erros.
- Medir: análise sensorial é uma ciência quantitativa. Dados numéricos são coletados para medir a relação entre as características do produto e a percepção humana.
- Analisar: significa que são utilizados métodos estatísticos para análise dos dados. O delineamento experimental é importante para assegurar a obtenção de dados de boa qualidade.
- Interpretar: a base de dados e a informação estatística originadas de uma análise sensorial somente são úteis quando interpretadas dentro de um contexto das hipóteses e do conhecimento prévio de suas implicações para a tomada de decisão.

Trata-se de uma análise com características muito subjetivas, já que este método considera as opiniões de indivíduos na interpretação de efeitos do estímulo sensorial, segundo as impressões percebidas pelos órgãos sensórios. No entanto, para utilizar a análise sensorial como uma ciência, foi necessário criar metodologias padronizadas para

avaliação das amostras, como por exemplo, a análise estatística para correta interpretação dos resultados (Pinho & Ferreira, 2005, Instituto Adolfo Lutz, 2004).

Ultimamente o interesse pelos métodos sensoriais vem aumentando. Muitas companhias de produtos alimentícios, de bebidas e outras indústrias se preocupam com a questão da análise sensorial e a maioria concorda que possui um papel importante em sua companhia. O motivo é desenvolver produtos que satisfaçam cada vez mais as expectativas e preferências dos consumidores e garantir um determinado padrão de qualidade dos mesmos (Janiaski, 2011, Behrens, 2010).

De acordo com Behrens (2010), a análise Sensorial segue o método científico, ou seja, o caminho sistemático para estudar um fenômeno. Neste sentido, um método sensorial adequado deve atender a uma questão formulada sobre tal fenômeno (por exemplo, há diferença geral entre os produtos? Em que atributos eles são similares e diferentes? Há preferência?), ser descrito e reproduzível, propor uma hipótese, ser controlado para testar a veracidade dessa hipótese e ter uma forma de análise apropriada dos dados obtidos.

Os métodos de análise sensorial são classificados da seguinte forma (Dutcosky, 2013; Instituto Adolfo Lutz, 2004, Behrens, 2010):

- **Métodos discriminativos ou de diferença:** São testes com duas amostras ou mais, utilizados em situações nas quais o experimentador deseja simplesmente saber se existe diferença entre as amostras, de forma global ou direcionada (cor, sabor, aroma, etc).
- **Métodos descritivos:** São métodos que descrevem e quantificam similaridades e diferenças entre produtos. Por exemplo, perfil de sabor, análise descritiva quantitativa e tempo-intensidade.
- **Métodos afetivos:** Os testes afetivos avaliam o grau de aceitabilidade (escalas hedônicas²) ou a preferência entre dois ou mais produtos. É a forma usual de se medir a opinião de um grande número de consumidores com respeito as suas preferências, gostos e opiniões.

Os testes sensoriais discriminativos são considerados métodos objetivos utilizados em análise sensorial de alimentos, bebidas e água. Esses testes medem atributos

² A escala hedônica é usada para expressar a aceitação do consumidor em relação a um determinado produto, através de uma escala que varia gradativamente com base em certos atributos (características) [Dutcosky, 2013].

específicos indicando por comparações, se existem ou não diferenças estatísticas entre amostras. Podem ser classificados em testes de diferença e testes de similaridade. Os protocolos utilizados são os mesmos, mudando apenas a análise estatística e o delineamento (Dutcosky, 2013; Instituto Adolfo Lutz, 2004, Behrens, 2010).

Os testes descritivos são métodos que descrevem qualitativa e quantitativamente as amostras. Tem como finalidade avaliar os atributos sensoriais presentes no produto alimentício, que são aparência, aroma, sabor e textura.

A análise descritiva é apropriada quando se requer informações detalhadas sobre os atributos de um produto. Estes testes necessitam de equipes de avaliadores selecionados e treinados para analisar o grau de intensidade com que cada atributo está presente no alimento (Dutcosky, 2013).

Em testes afetivos, o principal critério a ser aplicado é a necessidade de o julgador fazer parte do grupo da população que consome a classe do produto de interesse. Esses testes também podem ser classificados em testes qualitativos e testes quantitativos.

Os testes qualitativos são aqueles que avaliam subjetivamente as respostas de uma amostra de consumidores em relação às propriedades sensoriais de um produto. Já os testes quantitativos, são aqueles que avaliam a resposta de um grande grupo de consumidores a uma série de perguntas que visam a determinar o grau de aceitabilidade global de um produto, identificar fatores sensoriais determinantes da preferência ou medir respostas específicas a atributos sensoriais particulares de um produto (Dutcosky, 2013).

O método afetivo apresenta a vantagem de não necessitar que os julgadores sejam treinados, necessitando apenas que seja um consumidor frequente do produto a ser avaliado, como dito anteriormente. Os testes afetivos em função do local de aplicação podem ser em uma localização central. Não é necessário que o teste ocorra em um laboratório. Porém, o número de julgadores necessários é maior que nos outros dois métodos (Instituto Adolfo Lutz, 2004).

4. METODOLOGIA

4.1. ESTUDO DE CASO: O BOLO DE CHOCOLATE

O bolo de chocolate foi escolhido como objeto sobre o qual o estudo seria feito por algumas razões. Uma delas foi porque bolos estão presentes na mesa dos brasileiros com uma grande frequência. Como por exemplo, em momentos de comemoração como aniversários e casamentos, como sobremesas ou como acompanhamento no café da tarde.

Outra razão importante para esta escolha foi o fato de que como o objeto de estudo de otimização deveria ser confeccionado, o bolo pareceu mais fácil de ser preparado, armazenado, transportado e preservado para o estudo, do que outros produtos como biscoitos, sorvetes, produtos salgados etc. Além disso, a seleção da matriz utilizada para análise sensorial levou em consideração algo que pudesse ser degustado e a facilidade de se obter um grupo significativo de pessoas para degustar, optando-se pelo bolo de chocolate, pois o mesmo é um produto de alto consumo nacional, bastante apreciado e cujas variáveis poderiam ser facilmente trabalhadas.

O sabor do bolo escolhido foi o de chocolate por ser este um dos produtos mais consumidos no Brasil na atualidade (Senac RJ, 2014).

Um pouco mais de informação sobre o bolo, o chocolate e o bolo de chocolate pode ser encontrada no anexo.

4.1.1. RECEITA DO BOLO DE CHOCOLATE

A receita selecionada como base para preparação dos bolos é:

- 3 ovos;
- 1 xícara de chá de leite integral;
- 2 colheres de sopa de margarina;
- 1 xícara de chá de cacau em pó;
- 2 xícaras de chá de açúcar;
- 2 xícaras de chá de farinha;
- 2 colheres de chá de fermento em pó.

O modo de preparo é rápido, fácil e simples. Todos os ingredientes, com exceção do fermento, são homogeneizados no liquidificador por 2,5 minutos. Posteriormente, adiciona-se o fermento e a mistura é novamente homogeneizada por mais 15 segundos.

Uma receita rápida, permite repeti-la diversas vezes, o que diminuiria a influência deste no sabor, textura, aparência do objeto de estudo, durante a degustação.

4.2. SELEÇÃO DE VARIÁVEIS

4.2.1. VARIÁVEIS DEPENDENTES SELECIONADAS PARA A REALIZAÇÃO DO ESTUDO

As principais variáveis dependentes e as características relacionadas a elas no produto final (bolo) estão descritas a seguir.

- *Sabor do bolo e Aparência do bolo:* são variáveis que avaliam o bolo de uma maneira geral. Todos os ingredientes a serem variados podem influenciar no resultado final, do bolo pronto.
- *Sabor de chocolate:* está relacionado com a quantidade de cacau em pó adicionada na massa do bolo.
- *Doçura:* esta variável está relacionada com a quantidade de açúcar a ser variada na receita do bolo.
- *Textura:* está relacionada com a quantidade de fermento adicionada na massa do bolo.
- *Firmeza:* está relacionada com a quantidade de ovo adicionada à massa do bolo.
- *Denso/Pesado:* está relacionada com a quantidade de farinha de trigo adicionada na massa do bolo.
- *Umidade:* está relacionada com a quantidade de gordura que é variada no bolo ao trocar o leite integral pela água.

Todas elas são qualitativas e não é trivial mensurá-las. A seção 4.2.3 deste documento descreve como esta mensuração foi realizada.

4.2.2. VARIÁVEIS INDEPENDENTES SELECIONADAS

As variáveis independentes e seus respectivos níveis de avaliação estão apresentados na tabela 2 (pág. 16) e foram definidos a partir das características descritas no item 4.2.1.

Tabela 2: Variáveis independentes selecionadas e seus respectivos níveis.

Variável	Nível (-1)	Nível (+1)
Quantidade de ovos (unidade)	3	4
Quantidade de açúcar (xícara)	1	2
Quantidade de cacau em pó (xícara)	$\frac{1}{2}$	1
Quantidade de farinha de trigo (xícara)	2	3
Quantidade de fermento (colher de chá)	1	2
Tipo de líquido (xícara)	Água	Leite Integral

Embora o número de variáveis independentes existentes na receita do bolo seja maior, estas foram selecionadas porque pareciam ser as que mais poderiam afetar as características do bolo que se desejava mensurar.

As quantidades avaliadas para cada nível das variáveis foram selecionadas de tal forma que ainda fosse possível fazer um bolo, e alguma diferença nas características deste bolo pudesse ser observada. Para tal, alguns experimentos preliminares (bolos) foram realizados. Foram eles que permitiram esta escolha de níveis.

4.2.3. CORRESPONDÊNCIA ENTRE AS VARIÁVEIS DEPENDENTES QUALITATIVAS E QUANTITATIVAS

Para a comparação do resultado da otimização usando as variáveis qualitativas e quantitativas, as variáveis qualitativas precisam de uma correspondência mensurável (quantitativa). Todas as correspondências foram feitas através de uma escala de 1 a 5.

A correspondência das variáveis qualitativas e quantitativas usada encontra-se na tabela 3 (pág. 17).

Tabela 3: Correspondência entre variável qualitativa e quantitativa usadas no estudo de caso.

VARIÁVEIS	
Qualitativa	Quantitativa
Sabor de chocolate	Quantidade de cacau
Doçura	Quantidade de açúcar
Textura	Quantidade de fermento
Firmeza	Quantidade de ovo
Denso/Pesado	Quantidade de farinha de trigo
Umidade	Quantidade de gordura que, neste caso refere-se ao uso de leite integral ou de água

4.3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

4.3.1. MATERIAIS UTILIZADOS

Forno: marca Continental - modelo Spazio.

O forno tem capacidade para 1 tabuleiro. Será feito 1 bolo por vez.

Liquidificador: marca Philco - multiprocessador *All in one citrus*

Tabuleiro: tamanho 21cm X 33cm

Leite: integral da marca Parmalat

Margarina: marca Qualy Qmix

Cacau em pó sem açúcar: marca Bhering

Farinha de trigo: marca Rosa Branca tipo 1

Açúcar refinado: marca União

Fermento em pó químico: marca Yoki.

4.3.2. PREPARAÇÃO DOS BOLOS

A quantidade dos ingredientes a ser utilizada na preparação dos bolos está mostrada na matriz de experimentos a seguir (Tabela 4, pág. 18). Esta matriz foi construída a partir da matriz do planejamento mostrada na Tabela 1 (seção 3.1, pág. 9) e da Tabela 2 (seção 4.2.2, pág. 16).

Cada linha desta matriz representa a quantidade de cada ingrediente no preparo do bolo. Assim, ao término dos experimentos, 8 (oito) bolos terão sido confeccionados.

A mistura de bolo após ser batida no liquidificador é colocada em um tabuleiro e levada ao forno, já pré-aquecido, a 220°C por 35 minutos. Depois de pronto o bolo é deixado esfriar, retirado do tabuleiro, colocado em potes plásticos, e armazenados à temperatura ambiente, até o momento da análise sensorial, realizada no dia seguinte a elaboração dos bolos. Todos os bolos foram feitos em um só dia.

Tabela 4: Matriz de experimentos contendo os ingredientes e suas quantidades.

Experimentos	Ovo (unid)	Açúcar (xíc)	Cacau em Pó (xíc)	Farinha de Trigo (xíc)	Fermento (col ch)	Parte Líquida (200mL)
1	4	2 [360g]	1 [80g]	2 [260g]	2[12g]	ÁGUA
2	4	2 [360g]	½ [40g]	3 [390g]	1[6g]	ÁGUA
3	4	1 [180g]	1 [80g]	2 [260g]	1[6g]	LEITE
4	3	2 [360g]	½ [40g]	2 [260g]	2[12g]	LEITE
5	4	1 [180g]	½ [40g]	3 [390g]	2[12g]	LEITE
6	3	1 [180g]	1 [80g]	3 [390g]	2[12g]	ÁGUA
7	3	2 [360g]	1 [80g]	3 [390g]	1[6g]	LEITE
8	3	1 [180g]	½ [40g]	2 [260g]	1[6g]	ÁGUA

unid = unidade; xíc = xícara; col ch = colher de chá.

4.3.3. ANÁLISE SENSORIAL

A análise sensorial é realizada, utilizando nove amostras de bolo; as 8 retiradas dos bolos confeccionados a partir da tabela 4, e uma outra com o bolo confeccionado a partir da receita padrão, descrita na seção 4.1.1. A este último bolo será dado o nome de “controle”.

No momento da degustação os bolos serão cortados usando um procedimento que, supõe-se, diminuir muito o risco do bolo que ainda não foi servido, ressecar. Isto alteraria a avaliação e consequentemente, a conclusão sobre a transformação das variáveis qualitativas em quantitativas.

A forma de cortar os bolos está apresentada na forma de esquema com o passo a passo da operação (Figura 1, pág. 19).



Figura 1: Representação gráfica do procedimento usado no corte dos bolos.

Para a análise sensorial dos bolos é aplicado um teste de aceitação com escala *just about right* (JAR). Esta escala é utilizada para medir a intensidade dos atributos avaliados pelos consumidores em um produto (Dutcosky, 2011).

Os testes de aceitação avaliam o grau com que os consumidores gostam ou desgostam dos alimentos de um modo geral e/ou especificamente de cada um de seus atributos, como aparência, aroma, sabor, textura, estabelecendo preferências (Monteiro, 2002).

4.3.3.1. SELEÇÃO DOS PROVADORES

A seleção dos provadores foi feita através da colocação de cartazes (Figura 2) em locais de fácil visibilidade. No caso deste trabalho os cartazes foram colocados junto aos elevadores, nos andares do Instituto de Química da UFRJ, 15 dias antes da data escolhida para a fase de degustação, convidando as pessoas a participarem da análise sensorial. O modelo do cartaz utilizado se encontra na figura 2.

ANÁLISE SENSORIAL DE BOLOS DE CHOCOLATE



Convidamos os interessados em participar de um teste para avaliação de bolos de chocolate.

Sua participação será voluntária. As respostas não serão relacionadas com seu nome.

DATA: 05 DE JULHO DE 2016

HORÁRIOS: 9h, 10h, 11h, 12h, 13h, 14h, 15h, 16h, 17h OU 18h

LOCAL: SALA 517

Aluna: Marina Wajsenzon da Fonseca
 Profa.: Paula Fernandes de Aguiar
 Profa.: Daniella Lopez Vale
 Favor se inscrever pelo e-mail:
degustacaobolochocolate@gmail.com

Figura 2: Cartaz de convocação para participar da análise sensorial do bolo de chocolate.

Todos os provadores são voluntários e não são submetidos a nenhum teste preliminar. Os candidatos são considerados aptos/aceitos a participarem da degustação após avaliação das respostas no questionário (Figura 3).

Nome: _____	
Assinatura: _____	
Data: ____/____/____	Idade: ____ anos. Sexo: () Feminino () Masculino () Não quero declarar
1. Você tem diabetes?	
() Sim () Não	
2. Você possui intolerância ou alergia a algum ingrediente do bolo de chocolate (ovo, farinha de trigo, leite, chocolate, açúcar, margarina e fermento em pó químico)?	
() Sim () Não	
3. Você possui, além dos citados nas questões 1 e 2, algum problema de saúde que restrinja o consumo de bolo de chocolate?	
() Sim () Não	
4. Você está fazendo uso de algum medicamento que afete a sensibilidade olfativa e/ou gustativa?	
() Sim () Não	
5. Você é fumante?	
() Sim () Não	
6. Caso a resposta da pergunta acima seja sim, já passou pelo menos 30 minutos da última vez que fumou?	
() Sim () Não	
7. Você está resfriado/gripado ou com congestionamento nasal?	
() Sim () Não	
8. Gestante?	
() Sim () Não	
9. Você gosta de bolo de chocolate?	
() Sim () Não	
10. Com que frequência você consome bolo de chocolate?	
() todos os dias	
() 2 ou mais vezes por semana	
() 1 vez por semana	
() 1-2 vez por mês	
() ocasionalmente (menos de 1 vez por mês, em média)	
() nunca	
11. Você aceita participar de uma análise sensorial (degustação) com bolo de chocolate?	
() Sim () Não	

Figura 3: Questionário ao qual os candidatos foram submetidos.

Os voluntários serão aceitos de imediato se as respostas das questões 1 a 5, 7 e 8 forem “não”, se das questões 9 e 11 forem “sim”. Caso algumas respostas sejam diferentes os candidatos serão avaliados para verificar se há possibilidade deles darem continuidade a análise sensorial. A questão 10 não é um filtro como as outras, é apenas para saber o quanto as pessoas estão consumindo bolo de chocolate hoje em dia. Não serão excluídos candidatos devido a esta questão. Caso o candidato responda “sim” à pergunta 5, este só será aceito se a resposta da questão 6 também for “sim”. Não satisfazendo essas condições o voluntário não estará apto a participar da análise sensorial do bolo de chocolate.

Como o olfato afeta o paladar, os indivíduos que por algum motivo estejam com congestionamento nasal, seja pelo resfriado, ou alguma outra enfermidade, podem não conseguir perceber diferenças e suas respostas teriam uma influência negativa na conclusão do estudo. A gestação também pode afetar a percepção de cheiros e a sensibilidade gustativa da mulher, durante a gravidez.

4.3.3.2. TESTE AFETIVO

Os testes foram realizados após a aprovação dos candidatos conforme descrito no item anterior pelo questionário apresentado na figura 3 (pag. 20). Como descrito na figura 2 (pág. 19) havia possibilidade de fazer o teste em 10 horários, e as amostras foram analisadas em apenas uma sessão de prova.

O teste foi feito em duas salas que possuíam ar condicionado e mesas grandes, uma ao lado da outra. Em uma sala foram colocadas 4 pessoas e na outra, 6 pessoas. Foi escolhido colocar um número pequeno de pessoas em cada sala para que cada indivíduo pudesse fazer a sua análise sem ser influenciado pela resposta do outro. Pelo mesmo motivo foi pedido para que durante o teste os participantes não conversassem entre si. Foi entregue em um prato as 9 amostras (9 pedaços de bolo) codificadas de 1 a 9, deixando o participante começar pela ordem que achasse melhor para ele.

Para que não houvesse comparação direta entre as amostras os candidatos foram instruídos a tomar um gole d'água, comer um biscoitinho salgado e tomar outro gole d'água, entre uma amostra e outra. Utilizou-se a escala *just about right* (JAR) de 5 pontos. O modelo da ficha de análise utilizado se encontra na figura 4. Foi dada uma ficha para cada amostra. O participante pode repetir os pedaços de bolos que desejasse para ter maior segurança na resposta.

Depois de respondidas todas as fichas, iniciou-se ao processo de modelagem.

FICHA DE ANÁLISE

CÓDIGO DA AMOSTRA: _____

Teste Aceitação

Por favor, indique sua opinião sobre as seguintes características deste bolo de chocolate:

SABOR DO BOLO				
<input type="checkbox"/> Muito ruim	<input type="checkbox"/> Ruim	<input type="checkbox"/> Satisfatório	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> Muito bom
APARÊNCIA DO BOLO				
<input type="checkbox"/> Parece muito ruim	<input type="checkbox"/> parece ruim	<input type="checkbox"/> Comeria	<input type="checkbox"/> parece bom	<input type="checkbox"/> Parece muito bom
SABOR DE CHOCOLATE				
<input type="checkbox"/> Muito fraco	<input type="checkbox"/> Fraco	<input type="checkbox"/> Na quantidade certa	<input type="checkbox"/> Forte	<input type="checkbox"/> Muito forte
DOÇURA				
<input type="checkbox"/> Muito pouco doce	<input type="checkbox"/> Pouco doce	<input type="checkbox"/> Na quantidade certa	<input type="checkbox"/> Doce	<input type="checkbox"/> Muito doce
TEXTURA DO BOLO				
<input type="checkbox"/> Muito fofo, "esfarelando"	<input type="checkbox"/> Bem fofo	<input type="checkbox"/> Fofo na medida certa	<input type="checkbox"/> Pouco fofo	<input type="checkbox"/> Muito duro
FIRMEZA DO BOLO				
<input type="checkbox"/> Muito mole	<input type="checkbox"/> Mole	<input type="checkbox"/> Na medida certa	<input type="checkbox"/> Firme	<input type="checkbox"/> Muito firme
PESADO/DENSO				
<input type="checkbox"/> Muito "leve"	<input type="checkbox"/> "Leve"	<input type="checkbox"/> Na medida certa	<input type="checkbox"/> Denso/Pesado	<input type="checkbox"/> Muito denso/Muito pesado
UMIDADE				
<input type="checkbox"/> Muito úmido, molhado	<input type="checkbox"/> Úmido	<input type="checkbox"/> Na medida certa	<input type="checkbox"/> Seco	<input type="checkbox"/> Muito seco

Figura 4: Ficha de Análise.

Cada resposta será transformada de acordo com a escala de 1 a 5, sendo 1 a pior sensação e 5 a melhor para os atributos “sabor do bolo” e “aparência do bolo”. Assim, por exemplo, para a resposta “muito ruim” e “parece muito ruim”, respectivamente, levarão a nota 1 (um), enquanto que as respostas “muito bom” e “parece muito bom”, levarão a nota 5 (cinco).

Expressando as funções resposta, usadas para “sabor do bolo” e “aparência do bolo”, de forma gráfica, elas teriam o mesmo comportamento (Figura 5). O valor das respostas cresce linearmente do pior (nota 1) para o melhor (nota 5). Isto indica que quanto maior o valor da resposta, melhor será o produto, naquelas características.

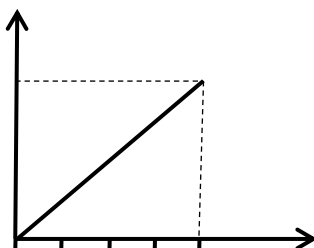


Figura 5: Representação gráfica da função resposta para sabor e aparência do bolo.

Já para as outras respostas, o comportamento não é o mesmo. Há um máximo desejado. A partir deste valor, as respostas começarão a ser consideradas ruins. Por exemplo, para “doçura”, o valor para a resposta “Muito pouco doce” será considerada pouco desejável e levará a nota 1 (um). A sensação melhora quando passa de “muito pouco doce” para “pouco doce”. Embora ainda não seja o desejável, é melhor do que a anterior e, por esta razão, levará a nota 2 (dois). A melhor sensação deveria ser a da resposta “Na quantidade certa”, melhor que a anterior e, portanto, levará a nota 3. A partir daí, a sensação volta a ser menos desejável e as notas voltarão a cair. A função resposta que melhor representa este comportamento é a apresentada na Figura 6.

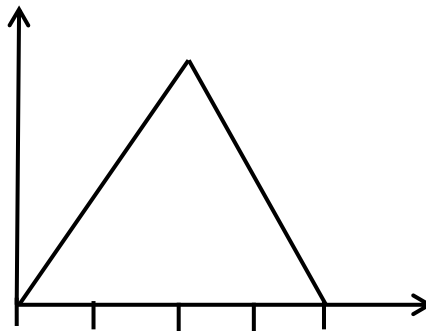


Figura 6: Representação gráfica da função resposta para sabor de chocolate, doçura, textura, firmeza, denso/pesado e umidade.

4.4. MODELAGEM

4.4.1. DETERMINAÇÃO DO MODELO

As fichas de análise respondidas são analisadas, e para cada resposta quantitativa e qualitativa, é obtido um modelo para a resposta quantitativa e outro para a resposta qualitativa. Seguindo o modelo matemático, já representado na equação 1 (pág. 10) o polinômio de primeira ordem $\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n + \varepsilon$ será usado para a obtenção das duas equações.

4.4.1.1. RESPOSTAS QUANTITATIVAS

Primeiro passo para determinar os coeficientes para as respostas quantitativas é contar o total de pessoas que participaram como julgadores neste estudo de caso. Posteriormente é contada a quantidade que cada ponto da escala *just about right* foi marcado e então, esse ponto é transformado em um valor de 1 a 5. Depois de concluída

essa transformação, será feita uma média ponderada para determinar a nota dada para cada atributo de todos os experimentos (equação 4).

$$Nota = \frac{(1 \times n_1) + (2 \times n_2) + (3 \times n_3) + (4 \times n_4) + (5 \times n_5)}{n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_5} \quad \text{Equação 4}$$

Onde, n_n é o número de pessoas que marcaram esta opção.

Por exemplo, para o atributo “Sabor de chocolate”:

<i>Sabor de chocolate</i>					
Ponto marcado na escala	Muito fraco	Fraco	Na quantidade certa	Forte	Muito forte
Valor da pontuação	1	2	3	4	5
Número de pessoas que marcaram cada opção	2	25	43	22	3

$$Nota = \frac{(1 \times 2) + (2 \times 25) + (3 \times 43) + (4 \times 22) + (5 \times 3)}{2 + 25 + 43 + 22 + 3} = 3$$

A resposta y obtida nesse exemplo é 3.

Para calcular os coeficientes do modelo, relativos as variáveis estudadas, utiliza-se a equação 2 (pág. 10) com as respostas y obtidas pela equação 4 (pág.25). Para calcular o coeficiente b_0 , que não é associado a nenhuma variável, utiliza-se a equação 3 (pág. 10). O valor do coeficiente encontrado para a variável inerte, variável 7, será utilizado para determinar o erro padrão.

4.4.1.2. RESPOSTAS QUALITATIVAS

Para usar as respostas qualitativas obtidas no dia do experimento, calcula-se a percentagem que cada ponto da escala JAR foi marcado. Depois então, é feita a mesma transformação utilizada no item anterior, ou seja, os pontos da escala passam a ter valores de 1 a 5. A resposta y será a nota que possuir o maior valor percentual.

Por exemplo, para o atributo “Sabor de chocolate”:

<i>Sabor de chocolate</i>					
Ponto marcado na escala	Muito fraco	Fraco	Na quantidade certa	Forte	Muito forte
Número de pessoas que marcaram cada opção	2	25	43	22	3
Percentagem	2,11%	26,32%	45,26%	23,16%	3,16%
Valor da pontuação referente a escala	1	2	3	4	5

A nota obtida nesse exemplo é 3, já que “na quantidade certa” obteve a maior percentagem.

Depois de ter encontrado a resposta para cada atributo serão calculados os coeficientes relacionados às variáveis, e para calculá-los utiliza-se a equação 2 (pág.10) com as respostas y obtidas, e para calcular o coeficiente b_0 utiliza-se a equação 3 (pág.10). O valor do coeficiente encontrado para a variável inerte, variável 7, será utilizado como o erro.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. ANÁLISE SENSORIAL

5.1.1. AVALIAÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS E DAS FICHAS DE ANÁLISE

Noventa e seis voluntários participaram da análise sensorial. Desses participantes, 1 não colocou os códigos dos bolos anulando assim, a sua participação, e dando um total de 95 participantes efetivamente. Todos os 95 candidatos responderam ao questionário (figura 3, pág. 20). As respostas de todos para as questões 1 a 3, 5, 8 e 11 satisfizeram as condições citadas no item 4.2.3.1.

Analisando os questionários respondidos por todos os voluntários conclui-se que o bolo de chocolate é apreciado por cerca de 99% deles (figura 7a). Ao analisar o gráfico de frequência (figura 7b) nota-se que a maioria das pessoas, 61%, consomem “todos os dias” a “1 a 2 vez por mês” o bolo de chocolate, confirmando que é comum o consumo do bolo de chocolate, como foi dito na seção 4.1.

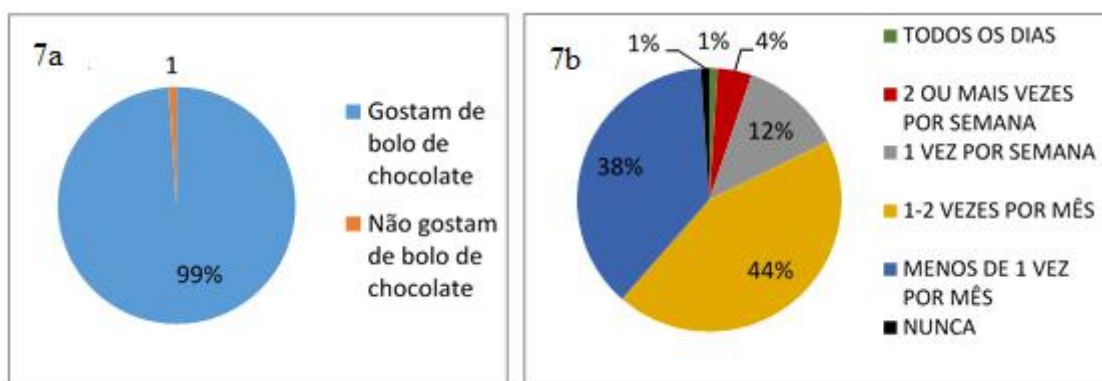


Figura 7a representação gráfica da percentagem das pessoas que gostam ou não de bolo de chocolate e 7b representação gráfica da frequência de consumo do bolo de chocolate.

Esses gráficos mostram que os julgadores fazem parte do grupo da população que consome o bolo de chocolate, produto de interesse desta análise sensorial, satisfazendo o principal critério para o teste afetivo. Durante o experimento, uma aluna do 5º ano de medicina acompanhou todo o processo de degustação, para ajudar na avaliação dos

participantes que estavam fazendo uso de medicação e/ou estavam resfriados/gripados ou com congestionamento nasal.

Três pessoas responderam sim na pergunta (4) que indagava sobre a ingestão de remédios e foi pedido para especificarem qual estavam tomando. Dois participantes estavam fazendo uso de nimesulida, e um deles estava fazendo uso concomitante com dipirona; o terceiro estava tomando prednisolona. De acordo com a literatura, medicamentos de ação anti-inflamatória podem afetar a percepção do sabor (Nahas). Porém, foi permitido que eles participassem da análise sensorial de bolos de chocolate após a avaliação desses candidatos feita pela acadêmica levando também em consideração a figura 8. Como estes remédios não estão listados como medicações que alterem o paladar direta ou indiretamente (Félix, 2015), os candidatos foram considerados aptos e deram continuidade à análise sensorial.

Na figura 8 consta a listagem completa de medicamentos que alteram o paladar segundo Félix (2015).

Quadro 1 - Medicações associadas a alteração do paladar	
Antimicrobianos:	Antifúngicos: anfotericina B, terbinafina; Antivirais/ inibidores de protease: indinavir, ritonavir, saquinavir; Antibióticos beta-lactâmicos: penicilina, ampicilina; Outros: metronidazol, tetraciclina.
Anti-inflamatórios:	Diclofenaco, nabumetona, sulindac.
Anti-hiperlipidêmicos:	Derivados do ácido fibrático: gemfibrosil; Inibidores da HMG-CoA redutase: atorvastatina, lovastatina, pravastatina, sinvastatina.
Anti-hipertensivos:	Inibidores da enzima conversora de angiotensina: captopril, enalapril, lisinopril, fosanopril; Antagonistas dos receptores de angiotensina II: losartan; Bloqueadores dos canais de cálcio: amlodipina, diltiazem, nifedipina.
Antineoplásicos:	Bleomicina, cisplatina, arabinosídeos, doxorrubicina, 5-fluorouracil, metotrexate.
Agentes antitireoidianos:	Metimazol, propiltiouracil.
Diuréticos:	Perdedores de potássio: espironolactona, amilorida; Tiazídicos: hidroclorotiazida
Medicações neurológicas:	Anticonvulsivantes: carbamazepina; Agentes antiparkinsonianos: levodopa.
Medicações psiquiátricas:	Antidepressivos: amitriptilina, doxepina, imipramina, fluoxetina; Antipsicóticos: lítio, buspar; Ansiolíticos: buspirona, flurazepam, triazolam.

Figura 8: lista de medicações associadas a alteração do paladar

Dez participantes responderam sim na pergunta (7) que indagava se a pessoa está resfriada/gripada, ou com congestionamento nasal e foi pedido para eles especificarem os sintomas ou doenças causadoras desses sintomas. Cinco destes dez estavam com

congestionamento nasal, um gripado, um resfriado, um com rinite e dois com dor de garganta, que são causados ou causam infecções na mucosa da cavidade nasal e/ou da faringe (nasofaringe, orofaringe e hipofaringe); figura 9. Estas infecções estão entre as possíveis causas de distúrbios do paladar, pois para sentirmos o sabor de algum alimento associamos as sensações captadas pelo olfato e pelo paladar. Então, na verdade, mesmo sem o olfato podemos sentir o gosto (salgado, doce, azedo e amargo, por exemplo) de um alimento, mas, não o sabor já que quase 90% de seu componente dependem do olfato (Félix, 2015). Porém, foi permitido pela acadêmica de medicina, após uma avaliação individual com esses candidatos, que eles participassem da análise sensorial.

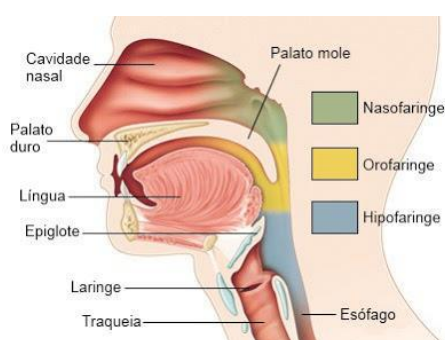


Figura 9: Cavidade nasal e faringe (nasofaringe, orofaringe e hipofaringe). Fonte: http://wesleibio.blogspot.com.br/2016_04_27_archive.html

Depois de serem considerados aptos a participarem da degustação, foi entregue junto às 9 amostras de bolo um segundo questionário chamado “Ficha de análise” (figura 4, página 22). Nessa ficha, os provadores marcaram suas opiniões respondendo oito perguntas sobre cada pedaço de bolo e colocando a numeração correspondente à amostra que estavam provando naquele momento. Encontra-se na tabela 5 o número de candidatos que participaram efetivamente, por horário.

Tabela 5: Número de participantes na degustação por horário.

HORÁRIO	NÚMERO DE PARTICIPANTES
9	7
10	9
11	8
12	9
13	12
14	10
15	11
16	7
17	12
18	10

Em todos os horários tiveram pessoas que deixaram de marcar sua opinião sobre uma ou mais perguntas, mas esses participantes não foram descartados uma vez que suas respostas sobre as outras perguntas foram consideradas.

5.2. MODELAGEM

De forma geral todas as mudanças foram pouco percebidas pelos degustadores.

5.2.1. RESPOSTAS QUANTITATIVAS

As respostas foram compiladas por atributo e estão no anexo. Nele estão os resultados dos 10 horários para cada atributo. As respostas para todos os atributos foram convertidas segundo a equação 4 (página 24) e estão consolidadas nas tabelas a seguir.

5.2.1.1. SABOR DO BOLO

Neste atributo as notas variam apenas entre 3 e 4, ou seja, os bolos foram considerados de satisfatório a bom.

Esperava-se obter notas diferentes para o sabor do bolo principalmente pela variação de açúcar e cacau, o que não aconteceu (tabela 6). Ao analisar a tabela 6 percebe-se que experimentos com diferentes quantidades dos ingredientes obtiveram a mesma nota.

Os bolos 1, 4 e controle agradaram os julgadores da mesma forma, obtendo a segunda maior nota da escala, mesmo tendo variações nas quantidades de alguns ingredientes (tabela 6).

Tabela 6: Condições experimentais e respectivas notas obtidas para cada uma.

Bolos	Nota	Ovo	Açúcar	Cacau	Farinha	Fermento	Líquido
1	4	+	+	+	-	+	Água
2	3	+	+	-	+	-	Água
3	3	+	-	+	-	-	Leite
4	4	-	+	-	-	+	Leite
5	3	+	-	-	+	+	Leite
6	3	-	-	+	+	+	Água
7	3	-	+	+	+	-	Leite
8	3	-	-	-	-	-	Água
Controle	4	-	+	+	-	+	Leite

Cada bolo desta tabela representa um experimento realizado.

5.2.1.2. APARÊNCIA DO BOLO

Neste atributo as notas variam entre 3 e 4, ou seja, os bolos foram julgados com aparência de “comeria” a “parece bom”.

Esperava-se obter notas diferentes para aparência do bolo principalmente pela variação do cacau e do fermento, o que não aconteceu (tabela 7, pág. 29). Assim como para sabor do bolo, percebeu-se que experimentos com diferentes quantidades dos ingredientes obtiveram a mesma nota.

Os bolos 1, 4, 7 e controle agradaram os julgadores da mesma forma, obtendo a segunda maior nota da escala, mesmo tendo variações nas quantidades de alguns ingredientes (tabela 7, pág. 29).

Tabela 7: Condições experimentais e respectivas notas obtidas para cada uma.

Bolos	Nota	Ovo	Açúcar	Cacau	Farinha	Fermento	Líquido
1	4	+	+	+	-	+	Água
2	3	+	+	-	+	-	Água
3	3	+	-	+	-	-	Leite
4	4	-	+	-	-	+	Leite
5	3	+	-	-	+	+	Leite
6	3	-	-	+	+	+	Água
7	4	-	+	+	+	-	Leite
8	3	-	-	-	-	-	Água
Controle	4	-	+	+	-	+	Leite

Cada bolo desta tabela representa um experimento realizado.

5.2.1.3. SABOR DE CHOCOLATE

Neste atributo a maioria dos resultados está de acordo com o esperado e suas notas variam entre 2 e 3 (tabela 8), ou seja, o sabor de chocolate varia de fraco a quantidade certa.

Analisando a tabela 8 percebe-se que a maioria dos experimentos com a menor quantidade de cacau obteve nota 2, e todos com a maior quantidade obtiveram nota 3.

A quantidade de cacau tem influência no resultado, pois sua nota aumenta quando é usada a maior quantidade. Isto significa que o experimento foi executado de forma correta.

Tabela 8: Condições experimentais e respectivas notas obtidas para cada uma.

Bolos	Nota	Cacau
1	3	+
2	2	-
3	3	+
4	3	-
5	2	-
6	3	+
7	3	+
8	2	-
Controle	3	+

Cada bolo desta tabela representa um experimento realizado.

5.2.1.4. DOÇURA

Neste atributo a maioria dos resultados está de acordo com o esperado, suas notas variam entre 2 e 3 (tabela 9), ou seja, variam de “pouco doce” a “quantidade certa” de açúcar.

Analisando a tabela 9 percebe-se que a maioria dos experimentos com a menor quantidade de açúcar obteve nota 2, e todos com a maior quantidade obtiveram nota 3.

A quantidade de açúcar tem influência no resultado, pois sua nota aumenta quando é usada a maior quantidade. Isto significa que o experimento foi executado de forma correta.

Tabela 9: Condições experimentais e respectivas notas obtidas para cada uma.

Bolos	Notas	Açúcar
1	3	+
2	3	+
3	2	-
4	3	+
5	2	-
6	2	-
7	3	+
8	3	-
Controle	3	+

Cada bolo desta tabela representa um experimento realizado.

5.2.1.5. TEXTURA DO BOLO

As opiniões dos julgadores para este atributo foram bastante diversificadas. As notas obtidas variam de 2 a 4 (tabela 10, pág. 32), ou seja, de “bem fofo” a “pouco fofo”.

Analisando a tabela 10 os resultados, de uma maneira geral, não estão de acordo com o esperado, as respostas parecem ter pouca relação com a quantidade de fermento. Esperava-se obter a nota 4 para aqueles experimentos com menor quantidade de fermento, o que não ocorre, observa-se essa nota nos dois níveis do planejamento, assim como para a nota 3. A nota 2 é a única que aparece apenas para um nível, o que possui a maior quantidade.

As notas que possuem o comportamento esperado são dos experimentos 3, 4, 8 e controle.

Tabela 10: Condições experimentais e respectivas notas obtidas para cada uma.

Bolos	Notas	Fermento
1	3	+
2	3	-
3	4	-
4	2	+
5	4	+
6	4	+
7	3	-
8	4	-
Controle	2	+

Cada bolo desta tabela representa um experimento realizado.

5.2.1.6. FIRMEZA DO BOLO

Neste atributo suas notas variam entre 3 e 4, ou seja, a firmeza dos bolos varia de “na medida certa” a “firme”.

Analisando a tabela 11 os resultados, de uma maneira geral, não estão de acordo com o esperado, as respostas parecem ter pouca relação com a quantidade de ovo. Esperava-se obter a nota 4 para aqueles experimentos com maior quantidade de ovo, o que não ocorre, observa-se essa nota nos dois níveis do planejamento, assim como para a nota 3.

As notas que possuem o comportamento esperado são dos experimentos 2, 3, 4, 5 e controle.

Tabela 11: Condições experimentais e respectivas notas obtidas para cada uma.

Bolos	Notas	Ovo
1	3	+
2	4	+
3	4	+
4	3	-
5	4	+
6	4	-
7	4	-
8	4	-
Controle	3	-

Cada bolo desta tabela representa um experimento realizado.

5.2.1.7. PESADO/DENSO

As opiniões dos julgadores para este atributo foram bastante diversificadas, as notas obtidas variam de 2 a 4, ou seja, de “leve” a “pesado”.

Analisando a tabela 12 os resultados, de uma maneira geral, não estão de acordo com o esperado, as respostas parecem ter pouca relação com a quantidade de farinha. Esperava-se obter a nota 4 para aqueles experimentos com maior quantidade de farinha, o que não ocorre, observa-se essa nota nos dois níveis do planejamento, assim como para a nota 3. A nota 2 é a única que aparece apenas para um nível, o que possui a menor quantidade.

As notas que possuem o comportamento esperado são dos experimentos 4, 6 e controle.

Tabela 12: Condições experimentais e respectivas notas obtidas para cada uma.

Bolos	Notas	Farinha
1	3	-
2	3	+
3	4	-
4	2	-
5	3	+
6	4	+
7	3	+
8	4	-
Controle	2	-

Cada bolo desta tabela representa um experimento realizado.

5.2.1.8. UMIDADE

Neste atributo as notas variam entre 3 e 4, ou seja, variam de “na medida certa” a “seco”. Analisando a tabela 13 (pág. 34) percebe-se que a maioria dos experimentos com a água obteve nota 3, e a maioria dos experimentos com o leite obteve nota 4. O tipo de líquido adicionado parece ter alguma relação com os resultados obtidos.

Porém, os resultados não estão de acordo com o esperado, pois se esperava obter que os experimentos feitos com leite integral apresentassem notas mais baixas, ou seja, que os bolos fossem mais úmidos com o leite do que aqueles feitos com água.

Tabela 13: Condições experimentais e respectivas notas obtidas para cada uma.

Bolos	Notas	Líquido
1	3	Água
2	3	Água
3	4	Leite
4	3	Leite
5	4	Leite
6	4	Água
7	4	Leite
8	3	Água
Controle	3	Leite

Cada bolo desta tabela representa um experimento realizado.

O planejamento usado, Plackett-Burman, não permite avaliar as interações entre as variáveis, e os comportamentos observados diferente do esperado podem indicar que estas interações aconteçam. Como o objetivo não é a otimização, mas sim comparar a eficácia das transformações na conclusão, este fato não deve interferir na conclusão.

5.2.1.9. CÁLCULO DOS COEFICIENTES

Os coeficientes foram determinados utilizando as equações 2 e 3 (pág. 10), e estão apresentados na tabela abaixo.

Os valores dos coeficientes parecem confirmar as hipóteses feitas analisando os resultados obtidos para cada atributo (tabela 14).

Tabela 14: Valores dos coeficientes do modelo calculado para respostas quantitativas.

	Modelos							
	b ₀	b ₁ (ovo)	b ₂ (açúcar)	b ₃ (cacau)	b ₄ (farinha)	b ₅ (fermento)	b ₆ (líquido)	b ₇ (inerte)
Sabor de chocolate	2,57	-0,38	0,20	0,68	-0,12	0,25	-0,17	0,20
Doçura	2,63	-0,26	0,84	-0,10	-0,15	-0,05	0,00	-0,03
Textura	3,41	0,07	-1,03	0,18	-0,03	-0,56	-0,13	-0,22
Firmeza	3,80	0,13	-0,81	0,08	0,02	-0,52	-0,10	-0,17
Pesado/ Denso	3,36	-0,01	-0,89	0,24	0,08	-0,72	-0,14	-0,12
Umidade	3,56	0,13	-0,62	0,24	0,53	0,20	0,13	0,00

O coeficiente b₇ é o efeito considerado erro experimental, bem como coeficiente referente à variável inerte. Os valores de coeficientes iguais e/ou menores, em módulo,

do que o coeficiente b_7 foram descartados, ou seja, considerados sem importância para o estudo, e estão destacados de rosa na tabela apresentada na tabela 14 (pág. 34).

O coeficiente b_0 é o único que não está relacionado a nenhuma variável, e é sempre maior que os demais coeficientes, ele é a média das respostas y obtidas nos experimentos. Os coeficientes b_0 obtidos, apresentados na tabela 14, estão de acordo com o esperado.

Nota-se que para “sabor de chocolate” o resultado está de acordo com o esperado, já que o maior coeficiente foi b_3 e seu valor é positivo (tabela 14, pág. 34), o que significa dizer que a variável independente cacau é a mais importante, e é diretamente proporcional ao sabor de chocolate, ou seja, com o aumento de cacau aumenta também o sabor de chocolate no bolo. O coeficiente b_1 apresenta seu valor negativo, isso significa dizer que a variável independente ovo influencia o resultado de forma inversamente proporcional, ou seja, quanto mais ovo menor o gosto de chocolate o bolo apresentará. Este efeito parece exercer alguma influência, mas parece ser pouco significativa, uma vez que seu valor é quase a metade do valor de b_3 . O coeficiente b_5 não parece ser significativo porque seu valor é muito baixo, quase três vezes menor que b_3 .

Em “doçura” o resultado também está de acordo com o esperado, já que o maior coeficiente foi b_2 e seu valor é positivo (tabela 14), o que significa dizer que a variável independente açúcar é a mais importante, e diretamente proporcional à doçura do bolo. Apenas o coeficiente b_6 , que é referente ao tipo de líquido adicionado, possui valor menor ou igual a b_7 e por isso foi o único a ser descartado de imediato. Os demais coeficientes possuem valores muito baixos, o b_1 que é o segundo maior apresenta um valor três vezes menor que b_3 , ou seja, mudar o nível daquelas variáveis, pouco influenciará na resposta.

Os atributos “textura” e “firmeza” apresentam um comportamento semelhante quanto aos coeficientes importantes (tabela 14). Em ambos os casos apenas b_2 e b_5 não foram descartados, e o coeficiente b_2 possui o maior valor, ou seja, a variável independente açúcar é a mais importante seguida da variável independente fermento. Mesmo tendo uma diferença entre estes dois coeficientes, o valor de b_5 não é considerado baixo em nenhum dos dois experimentos. A quantidade de fermento e de açúcar é inversamente proporcional à resposta, ou seja, quanto mais se adiciona, mais fofo e/ou mais mole fica o bolo.

Para a textura o resultado está de acordo com o esperado, pois era esperado que o coeficiente b_5 fosse significativo, o que acontece nesse modelo.

Para a firmeza, o resultado esperado era que o coeficiente b_1 fosse significativo, o que não acontece, este é descartado de imediato junto com b_3 , b_4 e b_6 . Alguns julgadores podem ter tido dificuldade em separar esses dois atributos, em diferenciá-los, na hora da análise sensorial. Observa-se um comportamento muito semelhantes dessas respostas e, alguns poucos julgadores perguntaram a diferença entre essas duas questões durante a análise sensorial.

Para “pesado/denso” os maiores coeficientes foram b_2 e b_5 (tabela 14, pág. 34), ou seja, os dois efeitos mais relevantes são o açúcar e o fermento, nesta ordem de importância. O resultado esperado era que o coeficiente b_4 (farinha) fosse significativo, o que não acontece porque este é descartado de imediato junto com b_1 devido os seus valores serem menores que b_7 . Os outros coeficientes não parecem ser significativos já que seus valores são pelos menos três vezes menores que b_5 . Como os valores de b_2 e b_5 são negativos seus efeitos são inversamente proporcionais à densidade do bolo, ou seja, quanto mais açúcar e fermento são adicionados, mais leve fica este bolo.

Os julgadores podem não ter conseguido sentir a diferença na quantidade de farinha porque, talvez, essa variação tenha sido pequena para se notar, e tenha se afastado pouco da quantidade ideal, já que variamos a quantidade de farinha de um modo que ainda fosse possível ter um bolo no final.

No atributo “umidade” os maiores coeficientes foram b_2 e b_4 (tabela 14, pág. 34), ou seja, os dois efeitos mais relevantes são o açúcar e a farinha, nesta ordem de importância. O resultado esperado era que o coeficiente b_6 fosse significativo, o que não acontece já que seu valor é quatro vezes menor que b_4 . Os outros coeficientes também não parecem ser significativos já que seus valores são pelos menos duas vezes menor que b_4 . O açúcar e a farinha influenciam a resposta de forma diferente, enquanto o b_2 é inversamente proporcional, b_4 é diretamente proporcional, significa dizer que quanto mais açúcar se coloca no bolo, menor é a nota, e quanto mais farinha é colocada, maior será a nota obtida.

A mudança na quantidade de farinha pode não ter sido suficiente para ser percebida na densidade do bolo, mas foi suficiente para não só ser percebida, como ser significativa na diferença de umidade.

Esses comportamentos diferentes do esperado podem indicar que esteja acontecendo interações entre as variáveis.

Com base nos resultados obtidos e na interpretação sobre os coeficientes foi preparado um modelo para cada resposta. Os coeficientes estão apresentados nas equações a seguir representando os modelos expressos em termos das variáveis codificadas.

$$\textit{sabor de chocolate} = 2,57 - 0,38x_1 + 0,20x_2 + 0,68x_3 - 0,12x_4 + 0,25x_5 - 0,17x_6 + 0,20x_7 + \varepsilon$$

Equação 5

$$\textit{doçura} = 2,63 - 0,26x_1 + 0,84x_2 - 0,10x_3 - 0,15x_4 - 0,05x_5 + 0,0x_6 - 0,03x_7 + \varepsilon$$

Equação 6

$$\textit{textura} = 3,41 + 0,07x_1 - 1,03x_2 + 0,18x_3 - 0,03x_4 - 0,56x_5 - 0,13x_6 - 0,22x_7 + \varepsilon$$

Equação 7

$$\textit{firmeza} = 3,80 + 0,13x_1 - 0,81x_2 + 0,08x_3 + 0,02x_4 - 0,52x_5 - 0,10x_6 - 0,17x_7 + \varepsilon$$

Equação 8

$$\textit{denso} = 3,36 - 0,01x_1 - 0,89x_2 + 0,24x_3 + 0,08x_4 - 0,72x_5 - 0,14x_6 - 0,12x_7 + \varepsilon$$

Equação 9

$$\textit{umidade} = 3,56 + 0,13x_1 - 0,62x_2 + 0,24x_3 + 0,53x_4 + 0,20x_5 + 0,13x_6 + 0,0x_7 + \varepsilon$$

Equação 10

5.2.2. RESPOSTAS QUALITATIVAS

As respostas foram compiladas por atributo e estão no anexo. Nele estão os resultados dos 10 horários para cada atributo.

Nas tabelas a seguir estão destacadas de cinza escuro as notas com maior percentual, ou seja, as respostas que serão utilizadas na modelagem. Serão consideradas significativas as notas cujo valor percentual seja maior que 50% do valor da percentagem mais alta. Essas percentagens consideradas significativas estão destacadas de cinza mais claro.

5.2.2.1. SABOR DO BOLO

Neste atributo as notas cujas percentagens são significativas variam entre 2 e 5 (tabela 15, pág. 38), ou seja, variam de “ruim” a “muito bom”. No sabor do bolo a variável açúcar, de uma maneira geral, parece ter bastante influência nas respostas obtidas, pois

aqueles experimentos com maior quantidade de açúcar apresentam as maiores percentagens nas notas mais altas. Esperava-se que além da variação do açúcar os participantes fossem perceber também a variação de cacau no sabor do bolo, o que não aconteceu.

Tabela 15: Condições experimentais e respectivas notas obtidas para cada uma.

Notas Bolos	SABOR DO BOLO					Condições experimentais					
	Percentual					Ovo	Açúcar	Cacau	Farinha	Fermento	Líquido
	1	2	3	4	5						
1	1,05	6,32	41,05	37,89	13,68	+	+	+	-	+	Água
2	2,13	15,96	42,55	31,91	7,45	+	+	-	+	-	Água
3	8,42	38,95	41,05	10,53	1,05	+	-	+	-	-	Leite
4	0,00	6,32	30,53	36,84	26,32	-	+	-	-	+	Leite
5	5,32	44,68	35,11	12,77	2,13	+	-	-	+	+	Leite
6	6,38	45,74	30,85	13,83	3,19	-	-	+	+	+	Água
7	3,19	13,83	36,17	36,17	10,64	-	+	+	+	-	Leite
8	7,37	41,05	32,63	15,79	3,16	-	-	-	-	-	Água
Controle	0,00	8,51	20,21	36,17	35,11	-	+	+	-	+	Leite

Cada bolo desta tabela representa um experimento realizado.

Os bolos que mais agradaram os jurados foram os bolos 4 e controle, e os que menos agradaram foram os bolos 3, 5, 6 e 8.

5.2.2.2. APARÊNCIA DO BOLO

Neste atributo as notas cujas percentagens são significativas variam entre 1 e 5 (tabela 16, pág. 39), ou seja, variam de “parece muito ruim” a “parece muito bom”. Esperava-se que os julgadores percebessem a variação da quantidade de cacau e/ou de fermento, mas isso não foi observado; nenhum ingrediente em especial se destacou neste atributo.

Os bolos que possuem as melhores aparências de acordo com os julgadores são os bolos 1, 4 e controle, e aquele que possui a pior aparência é o bolo 8.

Tabela 16: Condições experimentais e respectivas notas obtidas para cada uma.

APARENCIA DO BOLO						Condições experimentais					
Notas Bolos	Percentual					Ovo	Açúcar	Cacau	Farinha	Fermento	Líquido
	1	2	3	4	5						
1	0,00	2,11	28,42	44,21	25,26	+	+	+	-	+	Água
2	3,16	25,26	49,47	15,79	6,32	+	+	-	+	-	Água
3	2,11	29,47	31,58	24,21	12,63	+	-	+	-	-	Leite
4	1,05	5,26	20,00	48,42	25,26	-	+	-	-	+	Leite
5	6,32	30,53	36,84	20,00	6,32	+	-	-	+	+	Leite
6	4,21	14,74	35,79	32,63	12,63	-	-	+	+	+	Água
7	3,16	7,37	36,84	37,89	14,74	-	+	+	+	-	Leite
8	21,05	28,42	23,16	12,63	14,74	-	-	-	-	-	Água
Controle	1,05	0,00	13,68	38,95	46,32	-	+	+	-	+	Leite

Cada bolo desta tabela representa um experimento realizado.

5.2.2.3. SABOR DE CHOCOLATE

Neste atributo as notas cujas percentagens são significativas variam entre 1 e 5, ou seja, entre “muito fraco” e “muito forte” (tabela 17, pág. 40).

Ao analisar a tabela 17 percebe-se que os resultados estão de acordo com o esperado, a maioria dos julgadores consegue perceber a diferença no sabor do bolo em relação à quantidade de cacau adicionada.

A quantidade de cacau parece ter muita influência no resultado, já que os experimentos com a maior quantidade de cacau apresentam as maiores percentagens nas notas mais altas e aqueles experimentos com a menor quantidade, apresentam as maiores percentagens nas menores notas.

Tabela 17: Condições experimentais e respectivas notas obtidas para cada uma.

SABOR DE CHOCOLATE						Condições experimentais
Percentual						
Notas Bolos	1	2	3	4	5	Cacau
1	2,11	26,32	45,26	23,16	3,16	+
2	19,15	47,87	31,91	1,06	0,00	-
3	17,02	37,23	18,09	26,60	1,06	+
4	2,13	31,91	59,57	5,32	1,06	-
5	31,58	56,84	9,47	2,11	0,00	-
6	9,47	21,05	20,00	33,68	15,79	+
7	3,16	31,58	45,26	18,95	1,05	+
8	15,22	57,61	15,22	11,96	0,00	-
Controle	0,00	12,77	50,00	28,72	8,51	+

Cada bolo desta tabela representa um experimento realizado.

5.2.2.4. DOÇURA

Neste atributo os resultados estão de acordo com o esperado. As notas cujas percentagens são significativas estão variando entre 1 e 4, ou seja, variam de “muito pouco doce” a “doce”.

Analisando a tabela 18 percebe-se que os julgadores conseguiram notar a diferença na quantidade de açúcar. A quantidade de açúcar parece ter muita influência no resultado, pois os experimentos com a maior quantidade de açúcar apresentam as maiores percentagens nas notas mais altas e aqueles experimentos com a menor quantidade, apresentam as maiores percentagens nas menores notas.

Tabela 18: Condições experimentais e respectivas notas obtidas para cada uma.

DOÇURA						Condições experimentais
Percentual						
Notas Bolos	1	2	3	4	5	Açúcar
1	1,08	22,58	61,29	11,83	3,23	+
2	3,16	27,37	46,32	22,11	1,05	+
3	22,34	51,06	20,21	5,32	1,06	-
4	0,00	9,57	57,45	29,79	3,19	+
5	20,21	60,64	13,83	5,32	0,00	-
6	18,95	51,58	22,11	6,32	1,05	-
7	6,38	21,28	36,17	28,72	7,45	+
8	7,53	47,31	33,33	10,75	1,08	-
Controle	0,00	12,90	45,16	31,18	10,75	+

Cada bolo desta tabela representa um experimento realizado.

5.2.2.5. TEXTURA DO BOLO

Neste atributo as notas cujas percentagem são significativas estão variando de 1 a 5 (tabela 19), ou seja, sua textura varia de “muito fofo” a “muito duro”.

Analisando a tabela 19 as respostas parecem não ter relação com a quantidade de fermento, outras variáveis podem estar influenciando e pode existir interação entre as variáveis.

Os resultados obtidos não estão de acordo com o esperado, pois esperava-se que os bolos com a maior quantidade de fermento apresentassem as maiores percentagens nas notas mais baixas e consequentemente, aqueles que possuíam a menor quantidade apresentassem suas maiores percentagens nas notas mais altas, o que não aconteceu.

Os bolos considerados “fofo na medida certa” pela maior parte dos participantes são 1 e 2.

Tabela 19: Condições experimentais e respectivas notas obtidas para cada uma.

Notas Bolos	TEXTURA DO BOLO					Condições experimentais
	Percentual					Fermento
	1	2	3	4	5	
1	1,05	22,11	60,00	16,84	0,00	+
2	2,13	24,47	40,43	31,91	1,06	-
3	1,06	1,06	6,38	62,77	28,72	-
4	10,53	49,47	36,84	3,16	0,00	+
5	3,16	12,63	17,89	52,63	13,68	+
6	6,38	4,26	18,09	61,70	9,57	+
7	7,45	6,38	41,49	42,55	2,13	-
8	0,00	2,11	8,42	50,53	38,95	-
Controle	27,37	40,00	30,53	2,11	0,00	+

Cada bolo desta tabela representa um experimento realizado.

5.2.2.6. FIRMEZA DO BOLO

Neste atributo as notas cujas percentagens são significativas estão variando entre 3 e 5, ou seja, variam de “na medida certa” a “muito firme”.

Analisando a tabela 20 (pág. 42) as respostas parecem não ter relação com a quantidade de ovo adicionada, outras variáveis podem estar influenciando e pode existir interação entre as variáveis.

Os resultados não estão de acordo com o esperado, pois se esperava que aqueles experimentos que apresentam a maior quantidade de ovo apresentassem as maiores percentagens nas notas mais altas e, que aqueles que apresentam a menor quantidade de ovo apresentassem as maiores percentagens nas notas mais baixas, o que não aconteceu.

Os bolos considerados “na medida certa” pela maior parte dos participantes são 1, 4 e controle.

Tabela 20: Condições experimentais e respectivas notas obtidas para cada uma.

Notas Bolos	FIRMEZA DO BOLO					Condições experimentais
	Percentual					Ovo
1	0,00	9,47	47,37	41,05	2,11	+
2	0,00	2,15	40,86	46,24	10,75	+
3	0,00	1,06	5,32	43,62	50,00	+
4	2,13	15,96	73,40	8,51	0,00	-
5	1,06	2,13	19,15	50,00	27,66	+
6	0,00	3,26	22,83	54,35	19,57	-
7	0,00	3,16	36,84	49,47	10,53	-
8	0,00	1,06	7,45	32,98	58,51	-
Controle	4,26	18,09	64,89	12,77	0,00	-

Cada bolo desta tabela representa um experimento realizado.

5.2.2.7. PESADO/DENSO

Neste atributo as notas cujas percentagens são significativas estão variando entre 2 e 5, ou seja, variam de leve a muito pesado.

Analisando a tabela 21 (pág. 43) a quantidade de farinha parece não ter influência nas respostas, outras variáveis podem estar influenciando e pode existir interação entre as variáveis.

Os resultados não estão de acordo com o esperado, pois se esperava que os bolos com a menor quantidade de farinha apresentassem as maiores percentagens nas notas mais baixas e aqueles com a maior quantidade apresentassem as maiores percentagens nas notas mais altas, o que não aconteceu.

Os bolos considerados “na medida certa” pela maior parte dos participantes são 1, 2 e 7.

Tabela 21: Condições experimentais e respectivas notas obtidas para cada uma.

PESADO/DENSO						Condições experimentais
Percentual						
Notas Bolos	1	2	3	4	5	Farinha
1	2,11	36,84	44,21	16,84	0,00	-
2	2,11	14,74	46,32	34,74	2,11	+
3	1,05	2,11	9,47	58,95	28,42	-
4	13,68	47,37	36,84	2,11	0,00	-
5	2,11	18,95	29,47	41,05	8,42	+
6	0,00	9,47	31,58	46,32	12,63	+
7	0,00	5,26	52,63	35,79	6,32	+
8	0,00	4,26	12,77	46,81	36,17	-
Controle	12,63	42,11	40,00	5,26	0,00	-

Cada bolo desta tabela representa um experimento realizado.

5.2.2.8. UMIDADE

Neste atributo as notas cujas percentagens são significativas variam entre 2 e 5, ou seja, variam de “úmido” a “muito seco”.

Ao analisar a tabela 22 (pág. 44) percebe-se que o tipo de líquido adicionado parece não ter relação com os resultados obtidos, outras variáveis podem estar influenciando e pode existir interação entre as variáveis.

Os resultados não estão de acordo como o esperado, pois se esperava que os bolos feitos com leite integral possuísem nota menor do que aqueles feitos com água, ou seja, esperava-se que os bolos com leite ficassem mais úmidos do que aqueles feitos com água.

Os bolos considerados “na medida certa” pela maior parte dos participantes são 1, 2, 4 e controle.

Tabela 22: Condições experimentais e respectivas notas obtidas para cada uma.

UMIDADE						Condições experimentais
Percentual						
Notas	1	2	3	4	5	Líquido
Bolos						
1	1,05	10,53	55,79	31,58	1,05	
2	0,00	10,53	55,79	27,37	6,32	
3	0,00	10,53	17,89	56,84	14,74	
4	0,00	17,02	69,15	13,83	0,00	
5	0,00	1,05	11,58	49,47	37,89	
6	0,00	1,05	9,47	54,74	34,74	
7	0,00	12,63	30,53	47,37	9,47	
8	4,21	22,11	27,37	36,84	9,47	
Controle	1,05	21,05	60,00	17,89	0,00	

Cada bolo desta tabela representa um experimento realizado.

5.2.2.9. CÁLCULO DOS COEFICIENTES

Os coeficientes foram determinados utilizando as equações 2 e 3 (pág 10), e estão apresentados na tabela abaixo.

Tabela 23: Valores dos coeficientes do modelo calculado para respostas qualitativas.

	Modelos							
	b ₀	b ₁ (ovo)	b ₂ (açúcar)	b ₃ (cacao)	b ₄ (farinha)	b ₅ (fermento)	b ₆ (líquido)	b ₇ (inerte)
Sabor de Chocolate	2,63	-0,75	0,25	0,75	0,25	0,75	-0,25	0,25
Doçura	2,50	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Textura	3,50	0,00	-1,00	0,50	0,50	-0,50	0,00	-0,50
Firmeza	4,00	0,00	-1,00	0,00	0,00	-1,00	0,00	0,00
Pesado/Denso	3,38	0,25	-1,25	0,25	0,25	-0,25	-0,25	-0,25
Umidade	3,63	-0,25	-0,75	0,25	0,25	-0,25	0,25	-0,25

O coeficiente b_7 é o efeito considerado erro experimental. Os valores de coeficientes iguais e/ou menores, em módulo, do que o coeficiente b_7 foram descartados, ou seja, considerados sem importância para o estudo, e estão destacados de rosa na tabela apresentada acima (tabela 23).

O coeficiente b_0 é o único que não está relacionado a nenhuma variável, e é sempre maior que os demais coeficientes, ele é a média das respostas y obtidas nos experimentos. Os coeficientes b_0 obtidos, apresentados na tabela 23, estão de acordo com o esperado.

Nota-se que para “sabor de chocolate” o resultado está de acordo com o esperado. Os únicos coeficientes que não foram descartados são b_1 , b_3 e b_5 (tabela 23, pág. 44), que representam os coeficientes das variáveis, quantidade de ovo, quantidade de cacau e quantidade de fermento, adicionadas. Os outros coeficientes foram descartados de imediato por possuírem valor igual a b_7 . As variáveis independentes, ovo, cacau e fermento possuem seus efeitos com o mesmo valor em módulo, ou seja, esses três coeficientes são igualmente importantes. Em relação à quantidade de cacau e de fermento, seus efeitos são positivos, ou seja, quanto maior a quantidade adicionada maior será a nota, ao contrário do que acontece com a quantidade de ovo, já que seu efeito é negativo então, quanto maior a quantidade adicionada, menor será a resposta obtida.

Em “doçura” o resultado está de acordo com o esperado. Apenas o coeficiente b_2 apresenta valor diferente de b_7 , os outros coeficientes foram descartados de imediato. O coeficiente referente à quantidade de açúcar adicionada é a única variável importante para variação da doçura no bolo. O valor do coeficiente sendo positivo significa dizer que quanto mais açúcar for adicionado mais doce ficará o bolo e maior será a nota obtida.

Para os atributos “textura”, “denso” e “umidade” o resultado não está de acordo como esperado. Apenas b_2 não foi descartado, pois é o único coeficiente que apresenta valor maior que b_7 . O coeficiente referente à quantidade de açúcar é o único importante, não se esperava ter ligação com as variáveis que seriam relacionadas a esses atributos. A quantidade de açúcar possui os efeitos com valor negativo em todas essas variáveis, o que significa dizer que quanto mais açúcar for adicionado, menor será a nota obtida e o bolo ficará mais fofo, mais leve e mais molhado.

Para o atributo “firmeza” o resultado esperado era que o coeficiente b_1 (ovo) fosse significativo, o que não aconteceu, este foi descartado de imediato junto com b_3 , b_4 e b_6 . Os únicos coeficientes que não foram descartados são b_2 e b_5 , que representam os coeficientes das variáveis, quantidade de açúcar e quantidade de fermento, adicionadas. As quantidades de fermento e de açúcar são inversamente proporcionais à resposta, ou seja, quanto mais se adiciona, menor é a nota e mais mole fica o bolo.

Quanto mais direta for a característica avaliada, mais fácil é a transformação. Por exemplo, doçura e sabor de chocolate, estão diretamente ligados à açúcar e chocolate, respectivamente. Já para outras características, como firmeza e textura, por exemplo, que podem levar em consideração outras variáveis, e até mesmo a interpretação do

participante em relação a estas características faz com que essa correlação entre variável e atributo fique mais indireta. Por isso a transformação é mais complicada de ser feita.

Com base nos resultados obtidos e na interpretação sobre os coeficientes foi preparado um modelo para cada resposta. Os coeficientes estão apresentados nas equações a seguir representando os modelos expressos em termos das variáveis codificadas.

$$\textit{sabor de chocolate} = 2,63 - 0,75x_1 + 0,25x_2 + 0,75x_3 + 0,25x_4 + 0,75x_5 - 0,25x_6 + 0,25x_7 + \varepsilon$$

Equação 11

$$\textit{doçura} = 2,50 + 0,0x_1 + 1,00x_2 + 0,0x_3 + 0,0x_4 - 0,0x_5 + 0,0x_6 - 0,0x_7 + \varepsilon$$

Equação 12

$$\textit{textura} = 3,50 + 0,0x_1 - 1,00x_2 + 0,50x_3 + 0,50x_4 - 0,50x_5 + 0,0x_6 - 0,50x_7 + \varepsilon$$

Equação 13

$$\textit{firmeza} = 4,00 + 0,0x_1 - 1,00x_2 + 0,0x_3 + 0,0x_4 - 1,00x_5 + 0,0x_6 + 0,0x_7 + \varepsilon$$

Equação 14

$$\textit{denso} = 3,38 + 0,25x_1 - 1,25x_2 + 0,25x_3 + 0,25x_4 - 0,25x_5 - 0,25x_6 - 0,25x_7 + \varepsilon$$

Equação 15

$$\textit{umidade} = 3,63 - 0,25x_1 - 0,75x_2 + 0,25x_3 + 0,25x_4 - 0,25x_5 + 0,25x_6 - 0,25x_7 + \varepsilon$$

Equação 16

5.2.3. COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS

Ao comparar os modelos quantitativos e qualitativos obtidos, percebe-se que alguns coeficientes aparecem em um e não aparece no outro.

Segue abaixo a tabela 24 (pág. 47), nela estão representados os coeficientes importantes que aparecem em cada modelo para análise quantitativa e qualitativa.

Tabela 24: Coeficientes selecionados como mais importantes, obtidos para os modelos quantitativo e qualitativo.

Coeficientes importantes							
Sabor de chocolate	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	b ₆
Quanti.	*			*			
Quali.	*	*		*		*	
Doçura	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	b ₆
Quanti.	*		*				
Quali.	*		*				
Textura	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	b ₆
Quanti.	*		*			*	
Quali.	*		*				
Firmeza	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	b ₆
Quanti.	*		*			*	
Quali.	*		*			*	
Pesado/Denso	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	b ₆
Quanti.	*		*			*	
Quali.	*		*				
Umidade	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	b ₆
Quanti.	*		*		*		
Quali.	*		*				

Quanti = quantitativo e Quali = qualitativo

Nota-se que os coeficientes importantes obtidos nos modelos quantitativo e qualitativo para sabor de chocolate, textura, pesado/denso e umidade são diferentes, já para doçura e firmeza são iguais.

Isso significa que a conclusão em uma otimização seria diferente. Por isso deve-se tomar cuidado ao converter as respostas qualitativas em quantitativas, e vice versa. Neste estudo de caso apareceram coeficientes no quantitativo que não apareceram no qualitativo, como b₅ em textura e densidade e b₄ em umidade, e em qualitativo apareceu b₁ e b₅ no sabor de chocolate que não apareceu no quantitativo.

Quantitativamente o fermento (b₅) é importante para textura e para densidade do bolo, mas na faixa de variação utilizada isso não foi percebido na degustação, ou seja, não foi percebido qualitativamente. A farinha (b₄) aparece como importante quantitativamente para umidade do bolo, mas nessa faixa de variação utilizada também não foi percebido durante a degustação. Qualitativamente o ovo (b₁) e fermento (b₅) são importantes no sabor de chocolate, ou seja, foram percebidos de alguma forma durante a degustação, mas ao fazer a conversão para o quantitativo isso não foi percebido.

Com o estudo realizado percebeu-se que nem sempre as transformações chegam aos mesmos resultados.

5.2.4. ANÁLISE POR HISTOGRAMA

Foram feitos histogramas para os nove bolos a fim de analisar o comportamento das respostas obtidas em cada atributo. A análise da distribuição foi visual.

Tem-se uma distribuição normal quando o desenho do histograma sugere a forma de uma gaussiana. A figura 9 é um exemplo de um histograma com distribuição normal e como sua forma sugere uma curva normal.

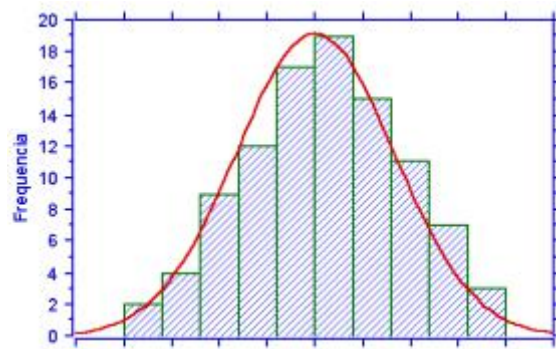


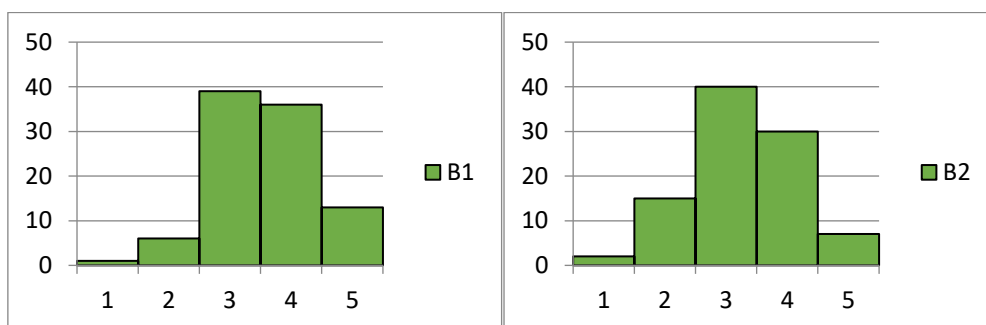
Figura 10: Exemplo de distribuição normal com histograma e gaussiana. Fonte: <https://somentequalidade.wordpress.com/2012/05/15/histograma/>

5.2.4.1. SABOR DO BOLO

Depois de analisar todos os histogramas deste atributo, aqueles que parecem seguir uma distribuição normal são B1, B2, B3 e B7.

Os histogramas B4, B5, B6, B8 e B9 não parecem ter uma distribuição normal, isso pode ter influenciado a modelagem.

Uma transformação destas respostas pode normalizar a distribuição, influenciando a modelagem e, talvez, aproximando as respostas obtidas para as abordagens qualitativa e quantitativa.



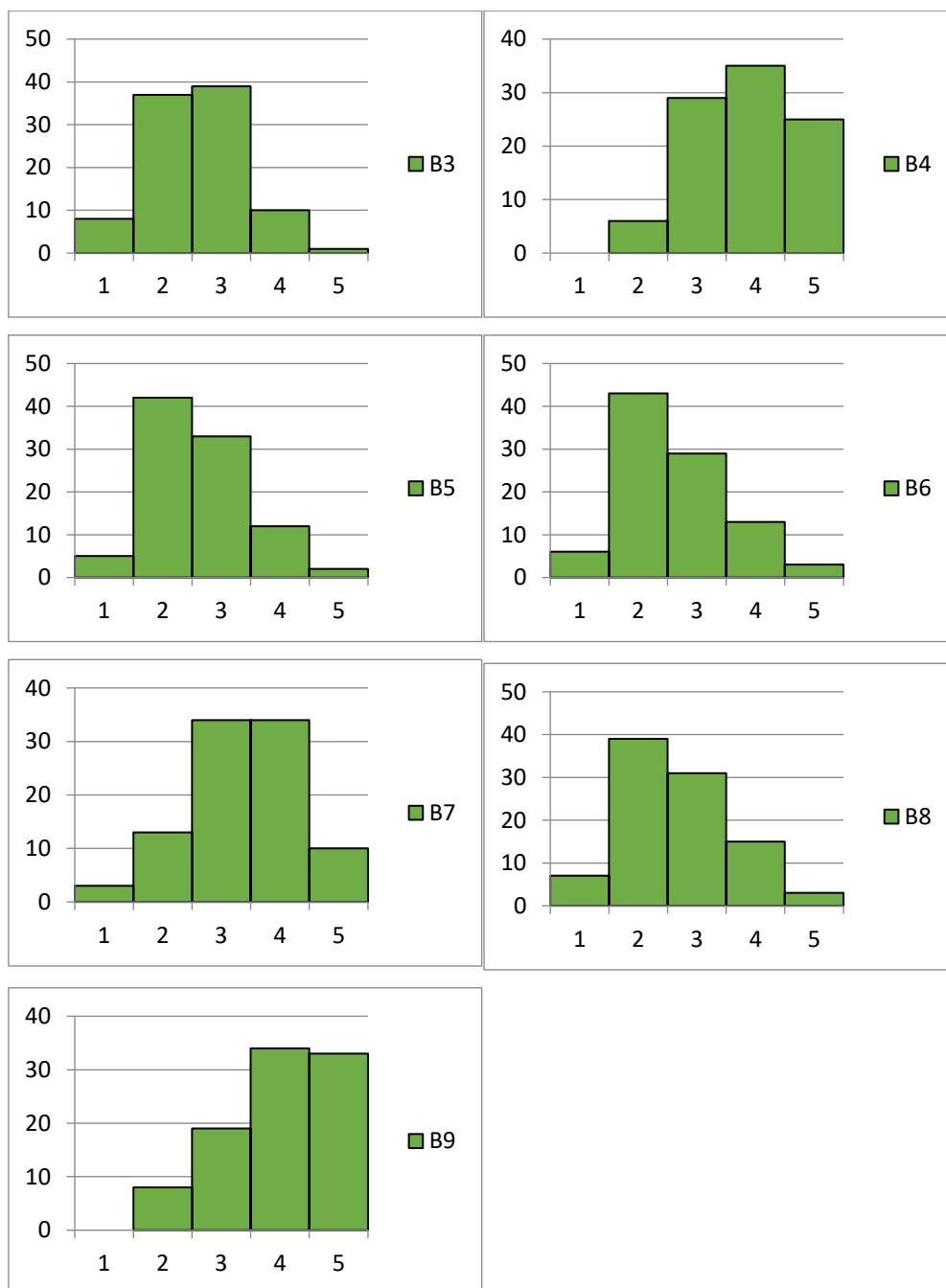
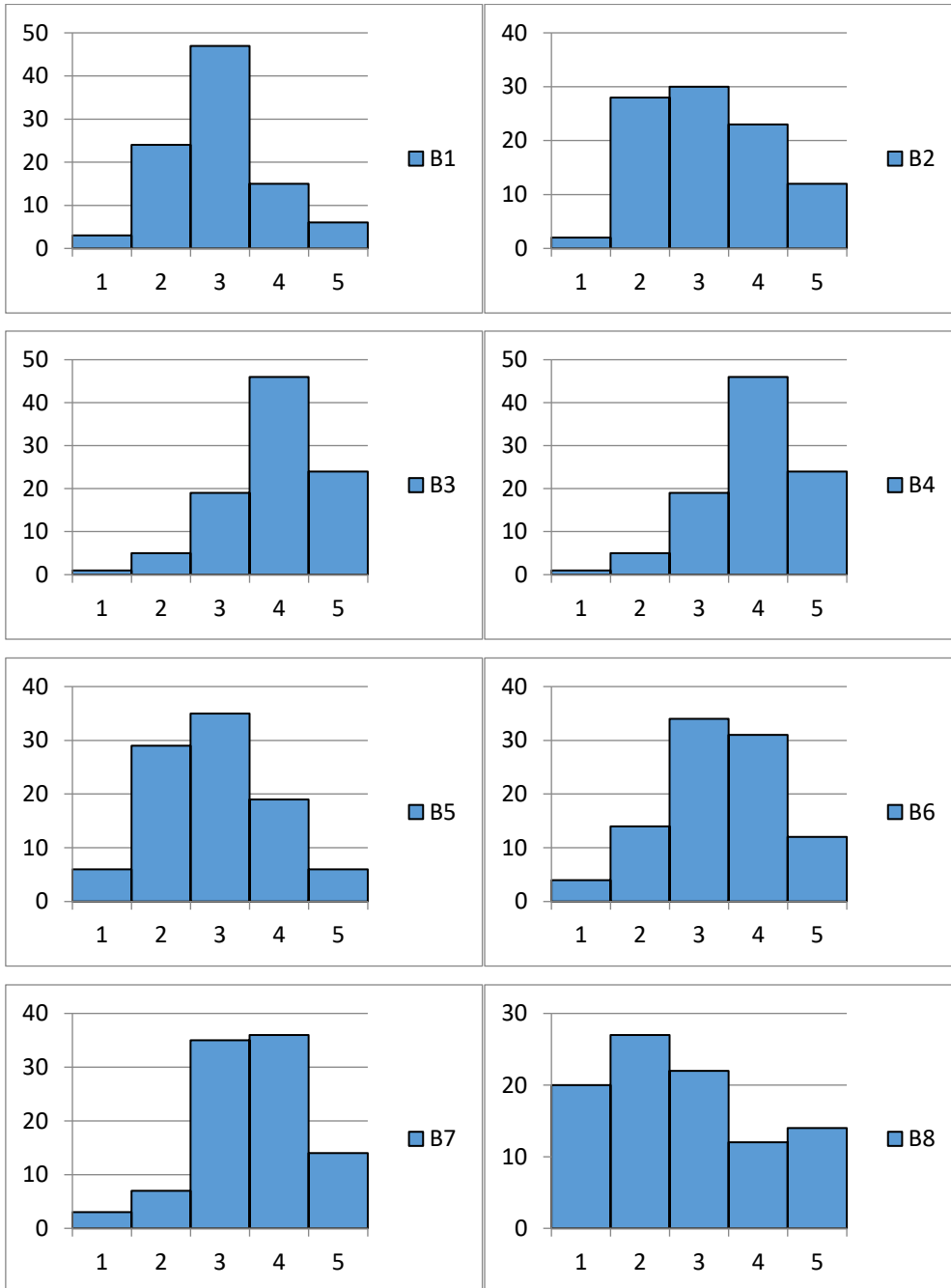


Figura 11: Histogramas relativos à resposta “sabor do bolo”: B1 histograma bolo1; B2 histograma bolo2; B3 histograma bolo3; B4 histograma bolo4; B5 histograma bolo5; B6 histograma bolo6; B7 histograma bolo7; B8 histograma bolo8; B9 histograma bolo9

5.2.4.2. APARENCIA DO BOLO

Depois de analisar todos os histogramas deste atributo, aqueles que parecem seguir uma distribuição normal são B1, B2, B5 e B6.

Para B3, B4, B7, B8 e B9 não parecem ter uma distribuição normal, isso pode ter influenciado a modelagem.



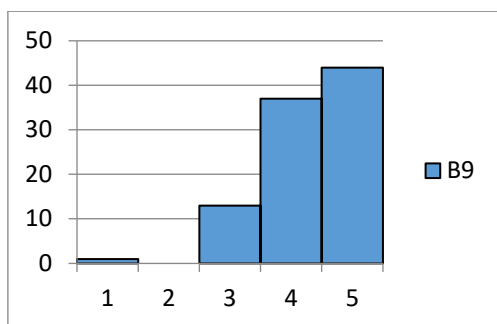
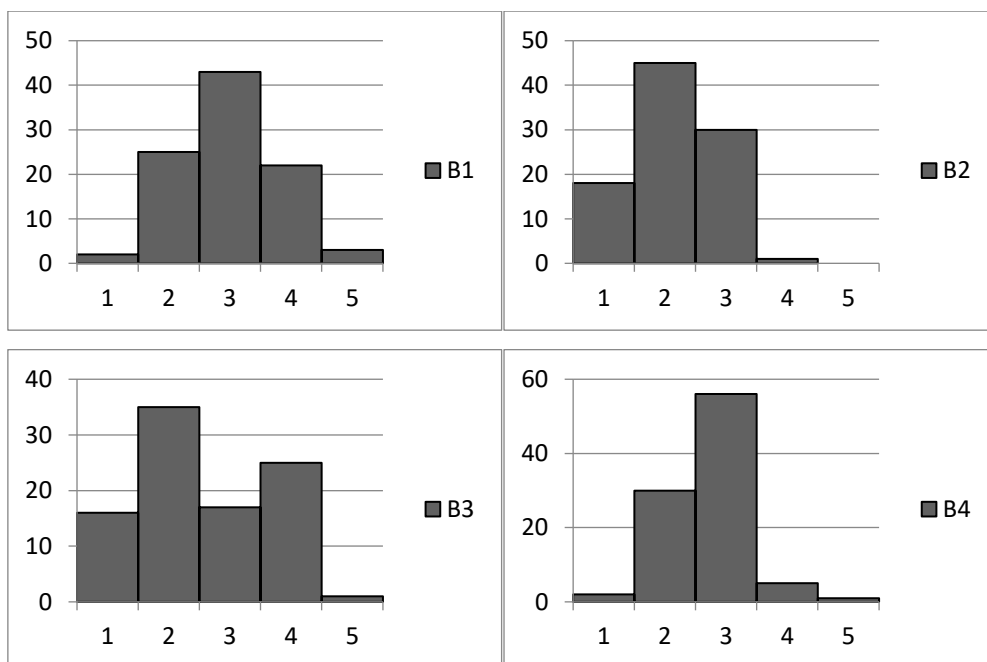


Figura 12: Histograma relativo à resposta “aparência do bolo”: B1 histograma bolo1; B2 histograma bolo2; B3 histograma bolo3; B4 histograma bolo4; B5 histograma bolo5; B6 histograma bolo6; B7 histograma bolo7; B8 histograma bolo8; B9 histograma bolo9

5.2.4.3. SABOR DE CHOCOLATE

Depois de analisar todos os histogramas deste atributo, aqueles que parecem seguir uma distribuição normal são B1, B4, B7 e B9.

Os gráficos B2, B3, B5, B6 e B8 não parecem ter uma distribuição normal, isso pode ter influenciado a modelagem da mesma forma que aconteceu com os outros atributos.



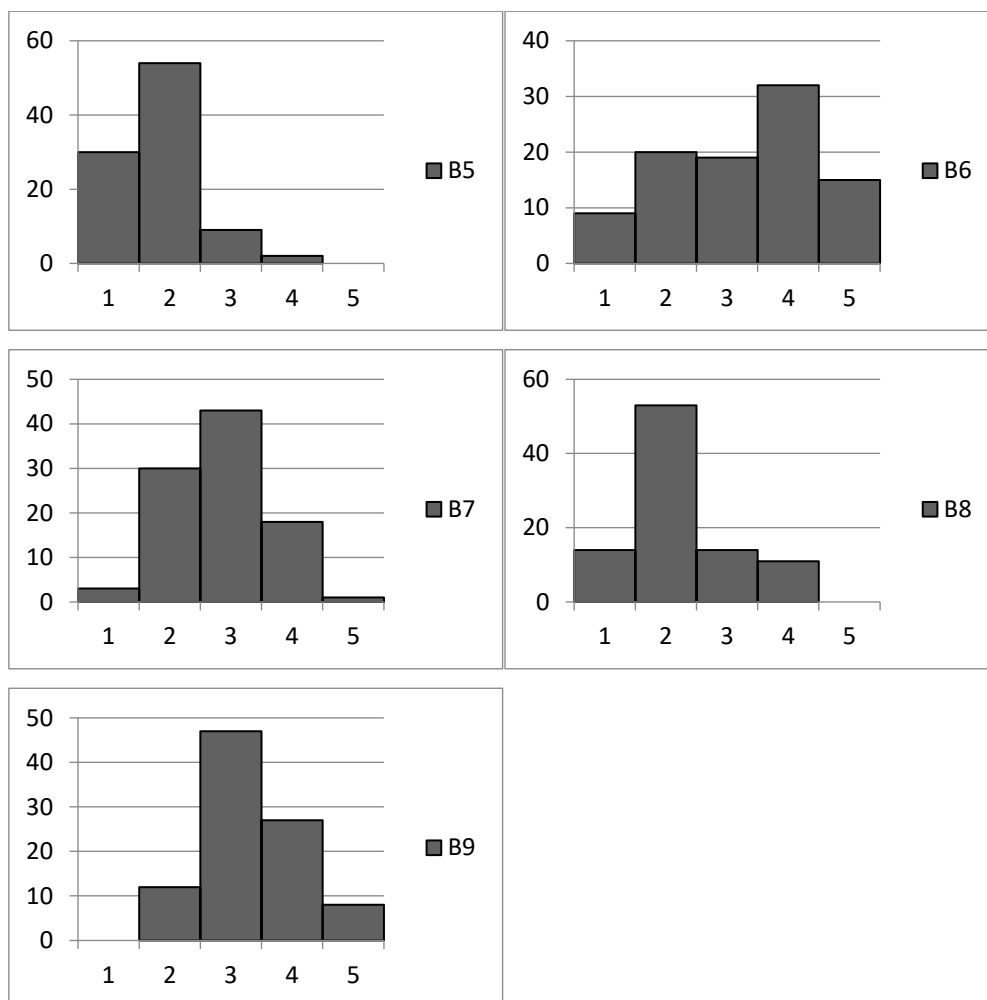


Figura 13: Histogramas relativos à resposta “sabor de chocolate”: B1 histograma bolo1; B2 histograma bolo2; B3 histograma bolo3; B4 histograma bolo4; B5 histograma bolo5; B6 histograma bolo6; B7 histograma bolo7; B8 histograma bolo8; B9 histograma bolo9.

5.2.4.4. DOÇURA

Depois de analisar todos os histogramas deste atributo, aqueles que parecem seguir uma distribuição normal são B1, B2, B4, B7 e B9.

Os gráficos B3, B5, B6 e B8 não parecem ter uma distribuição normal.

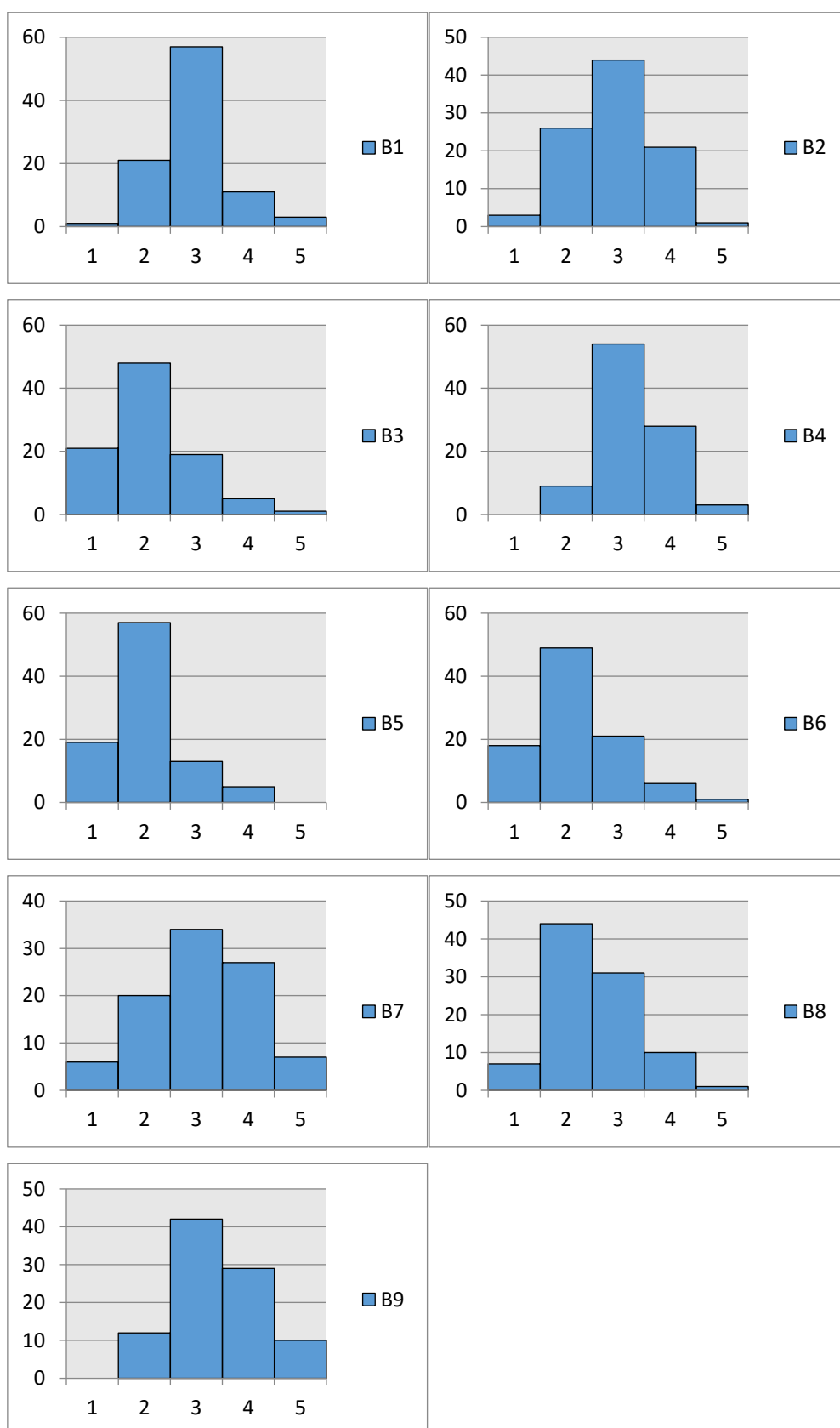
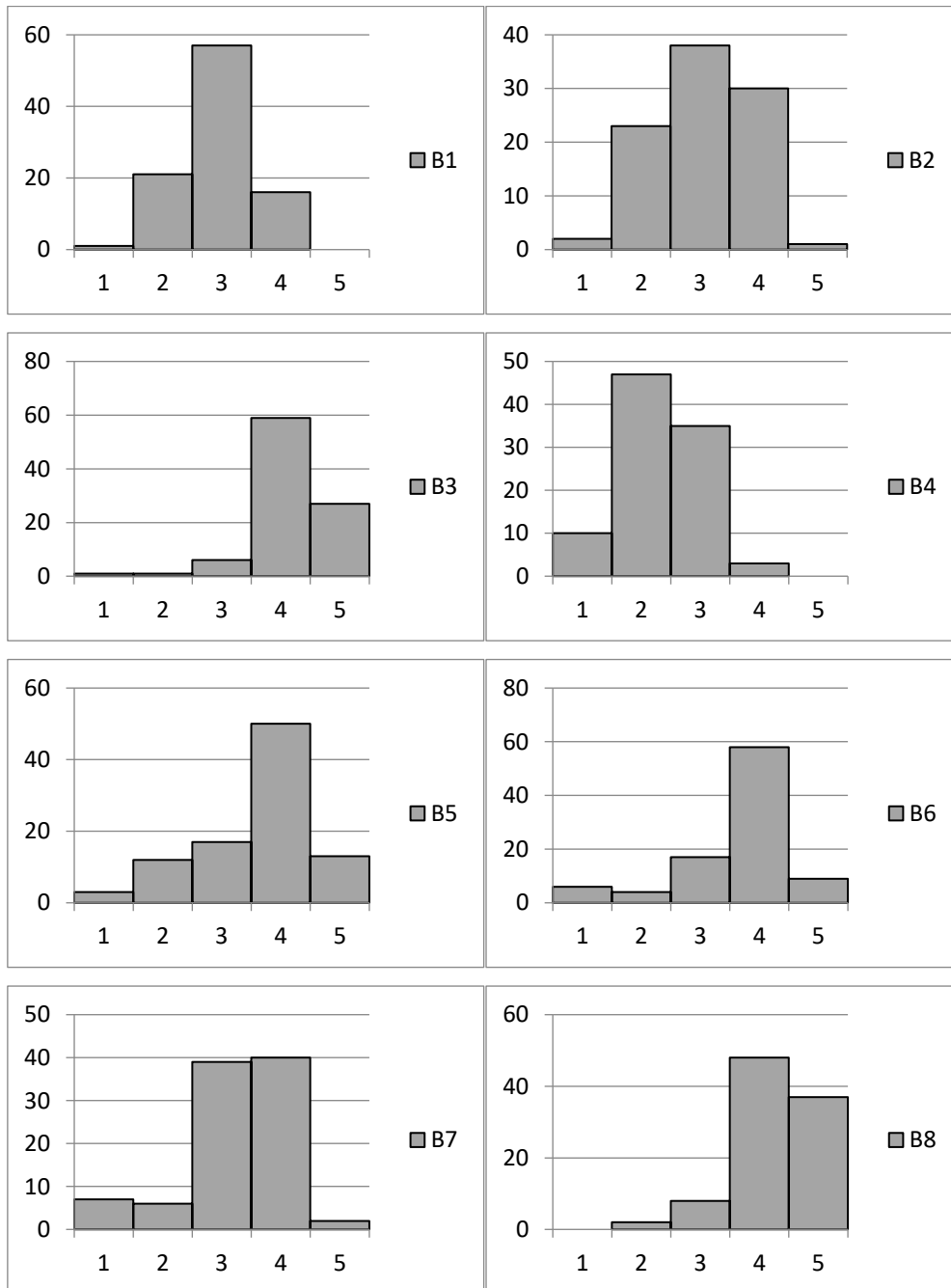


Figura 14: Histogramas relativos à resposta “doçura do bolo”: B1 histograma bolo1; B2 histograma bolo2; B3 histograma bolo3; B4 histograma bolo4; B5 histograma bolo5; B6 histograma bolo6; B7 histograma bolo7; B8 histograma bolo8; B9 histograma bolo9

5.2.4.5. TEXTURA DO BOLO

Depois de analisar todos os histogramas deste atributo, aqueles que parecem seguir uma distribuição normal são B1 e B2.

Os gráficos B3, B4, B5, B6, B7, B8 e B9 não parecem ter uma distribuição normal.



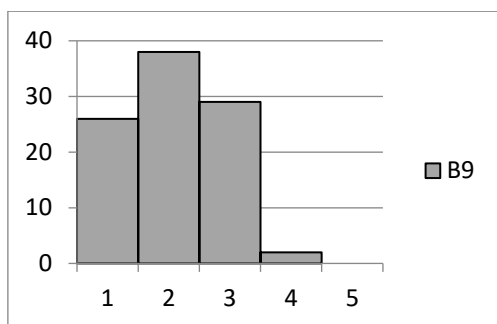
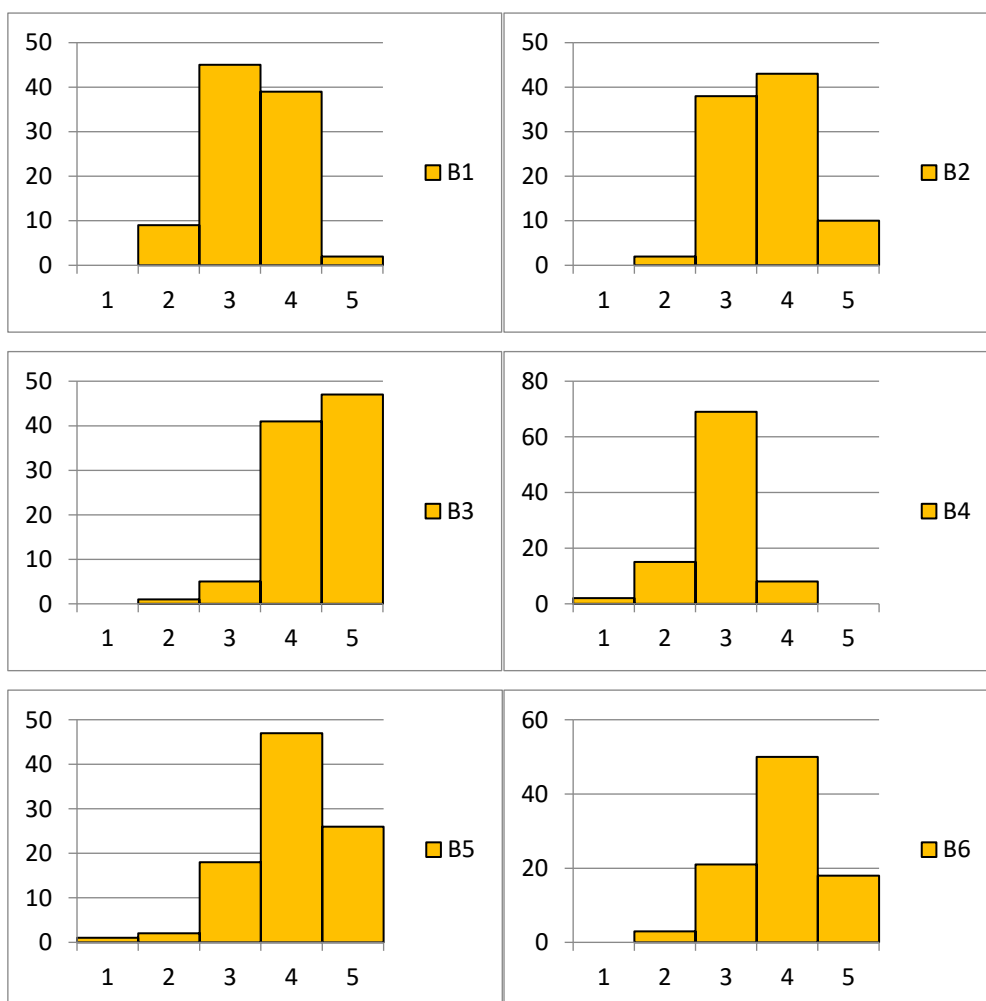


Figura 15: Histogramas relativos à “textura do bolo”: B1 histograma bolo1; B2 histograma bolo2; B3 histograma bolo3; B4 histograma bolo4; B5 histograma bolo5; B6 histograma bolo6; B7 histograma bolo7; B8 histograma bolo8; B9 histograma bolo9

5.2.4.6. FIRMEZA DO BOLO

Depois de analisar todos os histogramas deste atributo, aqueles que parecem seguir uma distribuição normal são B1, B4 e B9.

Os histogramas B2, B3, B5, B6, B7 e B8 não parecem ter uma distribuição normal.



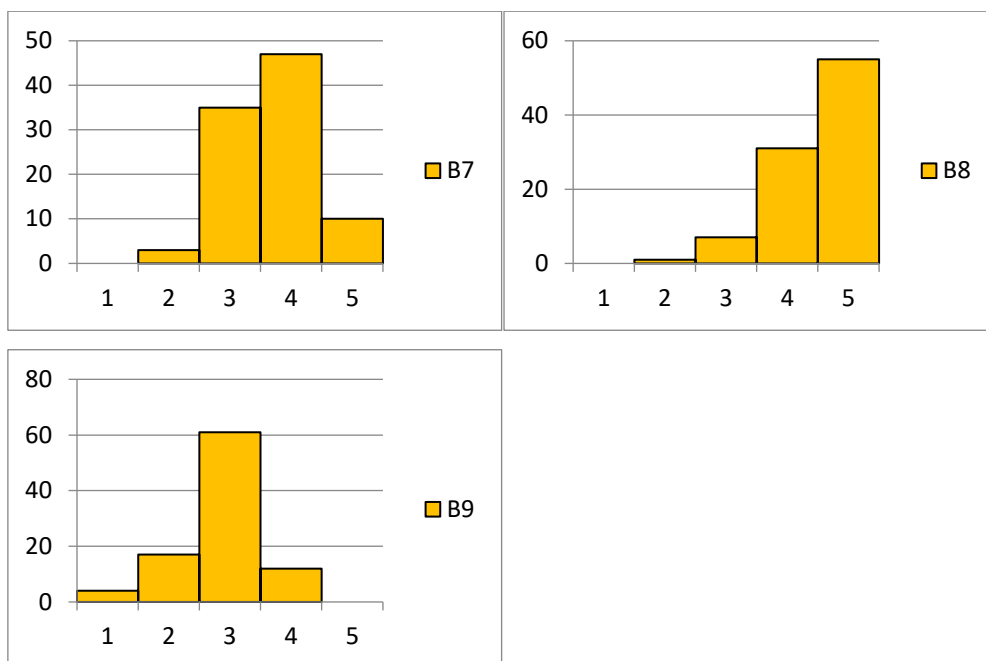
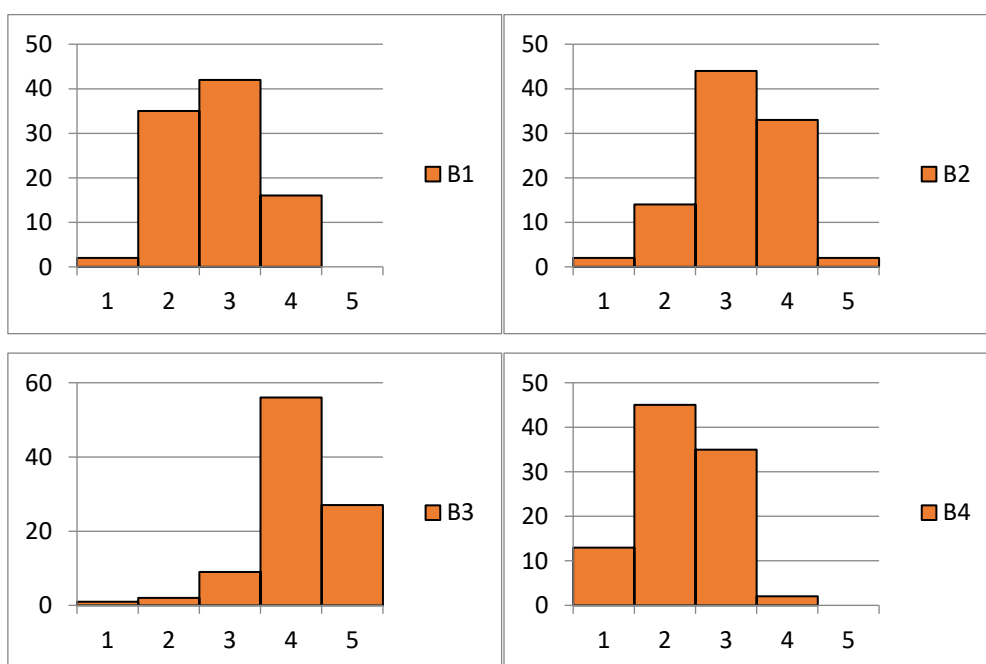


Figura 16: Histogramas relativos à resposta “firmeza do bolo”: B1 histograma bolo1; B2 histograma bolo2; B3 histograma bolo3; B4 histograma bolo4; B5 histograma bolo5; B6 histograma bolo6; B7 histograma bolo7; B8 histograma bolo8; B9 histograma bolo9

5.2.4.7. PESADO/DENSO

Depois de analisar todos os histogramas deste atributo, aqueles que parecem seguir uma distribuição normal são B1, B2 e B7.

Os histogramas B3, B4, B5, B6, B8 e B9 não parecem ter uma distribuição normal.



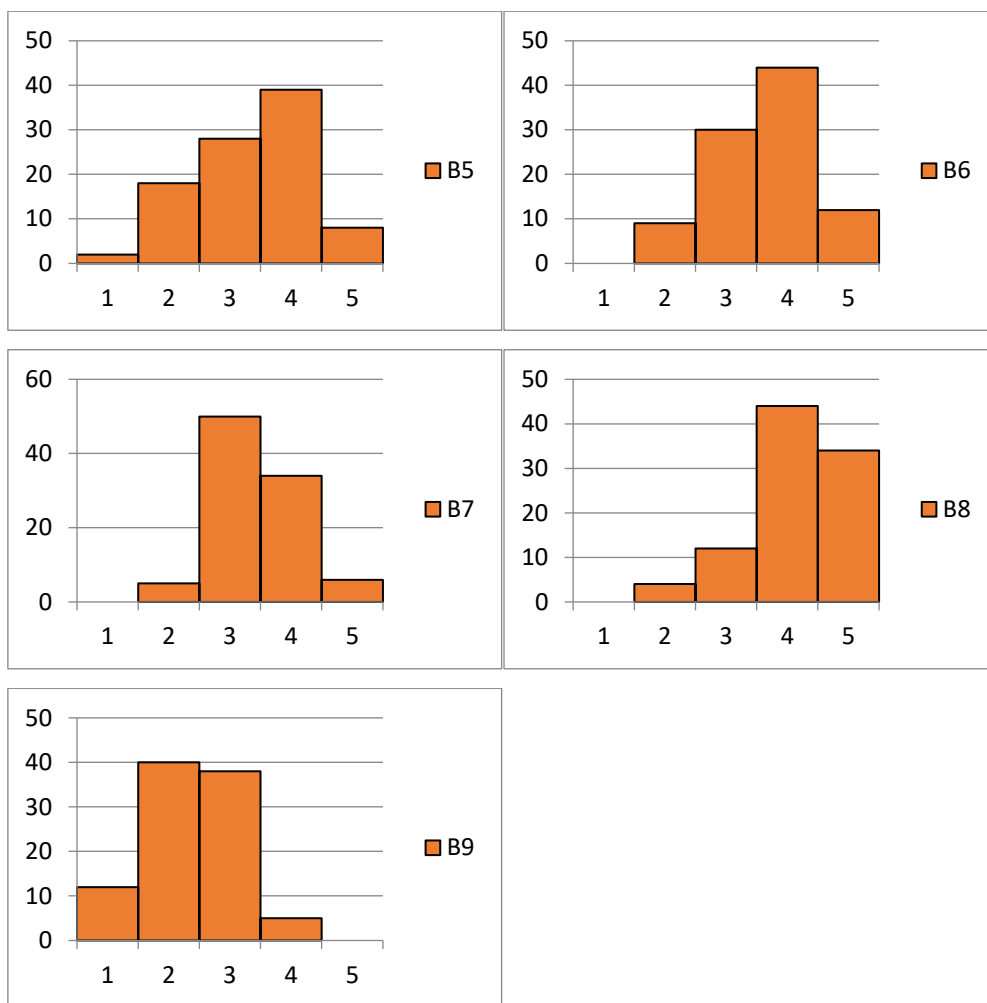
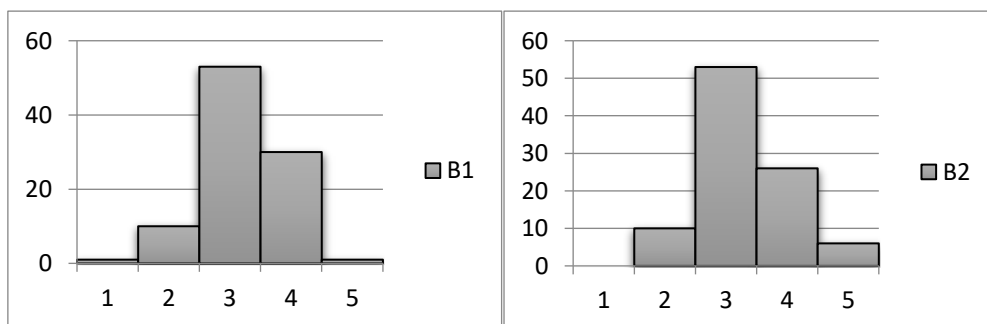


Figura 17: Histogramas relativos à resposta “densidade do bolo”: B1 histograma bolo1; B2 histograma bolo2; B3 histograma bolo3; B4 histograma bolo4; B5 histograma bolo5; B6 histograma bolo6; B7 histograma bolo7; B8 histograma bolo8; B9 histograma bolo9.

5.2.4.8. UMIDADE

Depois de analisar todos os histogramas deste atributo, aqueles que parecem seguir uma distribuição normal são B1, B2, B4 e B9.

Os histogramas B3, B5, B6, B7 e B8 não parecem ter uma distribuição normal.



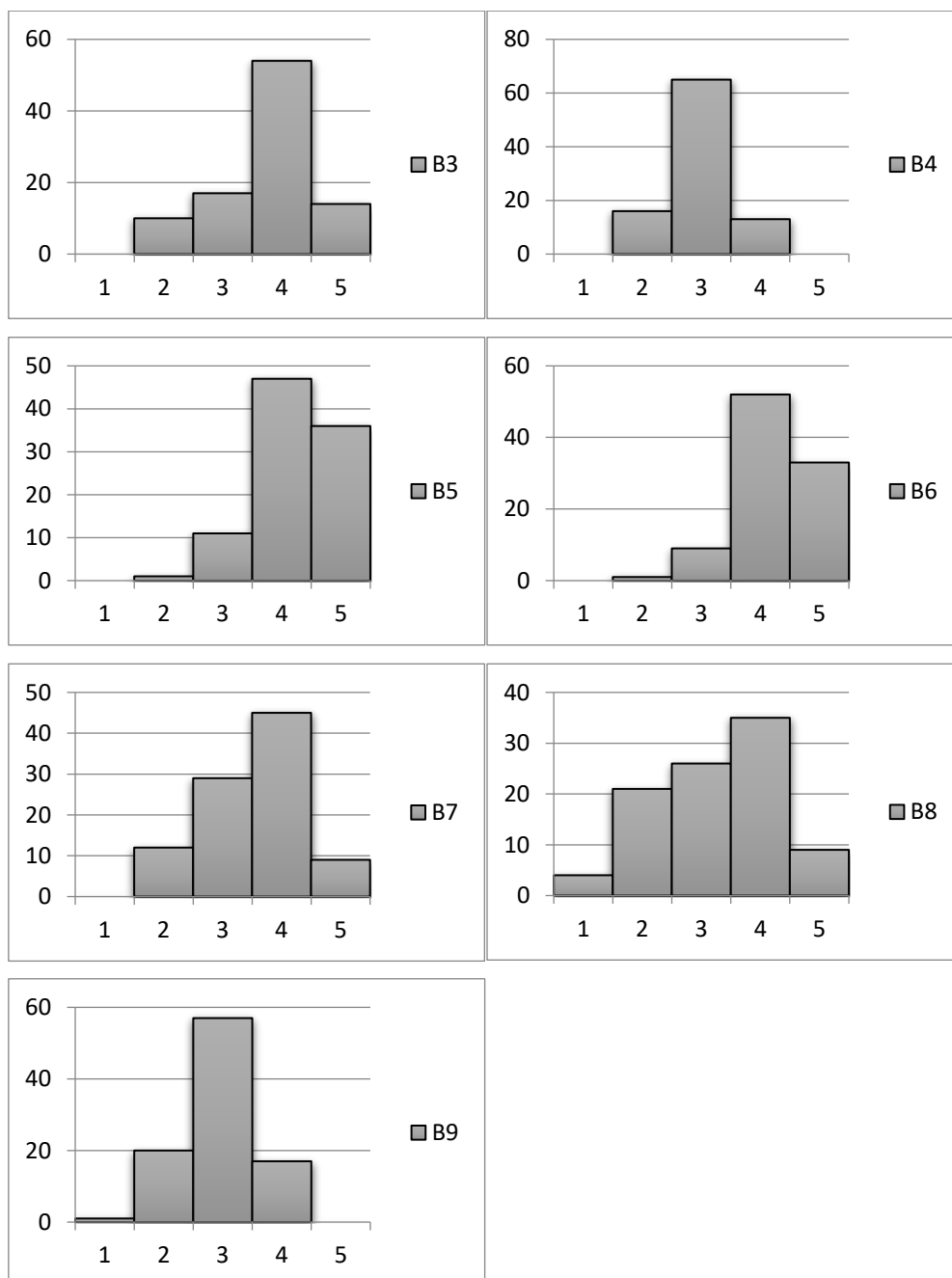


Figura 18: Histogramas relativos à resposta “umidade do bolo”: B1 histograma bolo1; B2 histograma bolo2; B3 histograma bolo3; B4 histograma bolo4; B5 histograma bolo5; B6 histograma bolo6; B7 histograma bolo7; B8 histograma bolo8; B9 histograma bolo9.

Para todos os atributos foram observadas respostas cujas distribuições seguiam a normal e uma boa parte onde isto não se verificou.

Como sugerido na discussão da figura 11 (5.2.4.1. sabor do bolo), é possível que uma transformação nas respostas permita que os resultados das modelagens seja mais equivalente.

Para todas as respostas do bolo 8, em todos os atributos, as distribuições não parecem normais. A combinação de variáveis deste experimento, fez com que o bolo parecesse “solado”, embora não estivesse, e sua aparência talvez tenha influenciado a resposta das pessoas.

Outra possibilidade para terem sido observadas tantas respostas com distribuições não normais é o fato de termos escolhido uma avaliação sensorial afetiva. Talvez um grupo treinado apresentasse resultados mais similares nas modelagens. Porém, a seleção do tipo de avaliação sensorial, pelo que está na literatura, é correta. Desta forma, fica evidente que não é trivial transformar variáveis dependentes qualitativas em quantitativas e esperar que os resultados sejam equivalentes, mesmo que se faça uma escolha de avaliação sensorial correta.

Sempre que se faz uma transformação, corre-se o risco de ter alguma informação perdida. Assim, isto também pode ter influenciado na modelagem.

Qualquer que tenha sido a razão pela qual os resultados não tenham sido equivalentes, sempre haverá o risco disto acontecer podendo levar a conclusões completamente diferentes, e as consequências de uma conclusão errada podem levar a grandes prejuízos seja, em diretrizes definidas para um determinado processo ou procedimento, financeiro ou de tomada de decisão.

6. CONCLUSÕES

No estudo de caso realizado pode-se observar que, para algumas variáveis dependentes a transformação em variável quantitativa obteve as mesmas conclusões em relação as respostas qualitativas quanto a significância das variáveis independentes.

Porém, algumas respostas não apresentaram a mesma conclusão. Portanto, o estudo agrega uma contribuição científica, pois, apresenta estatisticamente que deve-se atentar para transformações em tipos de respostas utilizadas. Nem sempre utilizar transformações em variáveis quantitativas para avaliar de forma mais simples os resultados obtidos gera conclusões adequadas ou confiáveis.

As respostas obtidas no estudo de caso demonstraram que o mesmo foi realizado de forma a controlar variações externas significativas, mostrando-se satisfatório como objeto de estudo para avaliação de transformações de variáveis independentes. Porém, devido a provavelmente o grande número de variáveis e a utilização de uma análise sensorial do tipo afetiva, algumas respostas não apresentaram caráter normal. A falta de

normalidade pode, todavia, ter influenciado a modelagem, pois foi utilizada estatística paramétrica, observando-se também a possível interação entre variáveis não contempladas pelo planejamento adotado. Uma possibilidade de alteração das respostas seria primeiro transforma-las em uma distribuição normal, para depois adotar a abordagem utilizada neste trabalho.

Portanto, este estudo traz uma indicação válida como contribuição, podendo ser futuramente corroborado por outros estudos com as ponderações apontadas neste trabalho.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barros Neto, B., Scarminio, I.S., Bruns, R.E., Como Fazer Experimentos: Pesquisa E Desenvolvimento Na Ciência E Na Indústria, Campinas, SP: Editora Da UNICAMP, 2001.
- Batista, Ana Paula Sabbag Amaral. Chocolate: Sua História e Principais Características. Brasília: Universidade de Brasília. 2008
- BBEL: um estilo de vida. <http://bbelmulher.com.br/arquivo/post/a-historia-do-bolo-de-chocolate>. Publicado em 21/09/2010 (acesso em 20 de março de 2015).
- Behrens, Jorge. A Química E A Análise Sensorial: Razão E Sensibilidade. 2010. Disponível Em: http://www.crq4.org.br/default.php?p=informativo_mat.php&id=912. Acessado Em: 25/01/2015.
- Bento, A. (2012, Abril). Investigação Quantitativa E Qualitativa: Dicotomia Ou complementaridade?. Revista Ja (Associação Académica Da Universidade Da Madeira), nº 64, ano VII (pp. 40-43). ISSN: 1647-8975.
- Borsato, D., Dall'antonia, L.H., Guedes, C.L.B., Maia, E.C.R., Freitas, H.R., Moreira, I., Spacino, K.R., Aplicação Do Delineamento Simplex-Centroide No Estudo De Cinética De Oxidação De Biodiesel B100 Em Mistura Com Antioxidantes Sintéticos, Química Nova, 33, 8, 1726-1731, 2010.
- Carvalho, Luciana. Desenvolvimento, Otimização e Validação Parcial de Método para Determinação de Pureza Radioquímica da Metaiodobenzilguanidina Marcada com Iodo 123 (^{123}I -MIBG). Dissertação (Pós-Graduação em Química Analítica) Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Química, Rio de Janeiro 2008.
- Castro, Fátima A. Ferreira de. A história do bolo na alimentação humana. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2010.
- Dalfovo, Michael Samir; Lana, Rogério Adilson; Silveira, Amélia. Métodos Quantitativos E Qualitativos: Um Resgate Teórico. Revista Interdisciplinar Científica Aplicada, Blumenau, v.2, n.4, p.01- 13, Sem II. 2008 ISSN 1980-7031
- Dutcosky, Silvia Deboni. Análise Sensorial de Alimentos. 4. ed. ver. e ampl. - Curitiba: Champagnat. Editora PUCPress, 2013.
- Eiras, S.P.; Coscione, A.R.; Custodio, R; Andrade, J.C. Métodos de otimização em química. 2000. <http://chemkeys.com/br/2000/03/18/metodos-de-otimizacao-em-quimica/>, acessado em 23/02/2015

Félix, F. http://www.moreirajr.com.br/revistas.asp?id_materia=4061&fase=imprime (acesso em 27 de setembro de 2015).

França, Roberto Borges. Avaliação De Indicadores De Ativos Intangíveis: Uma Proposta Metodológica. Tese, Programa De Pós-Graduação Em Engenharia De Produção, Universidade Federal De Santa Catarina – UFSC, 2004.

Fraser, Márcia Tourinho Dantas; GONDIM, Sônia Maria Guedes. Da Fala Do Outro Ao Texto Negociado: Discussões Sobre A Entrevista Na Pesquisa Qualitativa. Paidéia, 2004, 14 (28), 139 -152

Freire, Fátima De Souza; Crisóstomo, Vicente Lima; Botelho, Ducineli Régis. Um Método Quantitativo Para Avaliação Da Satisfação Dos Clientes. Revista Contabilidade & Finanças - USP, São Paulo, n. 31, p. 7 - 15, janeiro/abril 2003.

Instituto Adolfo Lutz; Métodos Físico-químicos para Análise de Alimentos – IV edição, São Paulo, 2004

Janiaski, Diogo Rodrigues. Características Sensoriais, Químicas E Físicas De Iogurtes E Bebidas Lácteas Sabor Morango De Marcas Comerciais. Universidade Estadual de Londrina. 2011.

Massart, D.L.; Vandeginste, B.G.M.; Buydens, L.M.C.; De Jong, S; Lewi, P.J.; Smeyers-Verbeke, J. Hadbookof Chemometrics And Qualimetrics: Part A. Data Handling In Science And Technology 20 A. Editora Elsevier. 1997

Minayo, Maria Cecília De Souza. Construção De Indicadores Qualitativos Para Avaliação De Mudança. Revista Brasileira de Educação Médica 33 (1 Supl. 1): 83-91; 2009.

Minayo, Maria Cecília De Souza; Sanches, Odécio. Quantitativo-Qualitativo: Oposição Ou Complementaridade? Cad. Saúde Públ., Rio de Janeiro, 9 (3): 239-262, jul/sep, 1993

Monteiro, Marlene Azevedo Magalhães. Caracterização Sensorial Da Bebida De Café (Coffea Arabica L.): Análise Descritiva Quantitativa, Análise Tempo-Intensidade E Testes Afetivos. Viçosa: Universidade Federal De Viçosa. 2002

Nahas, Cristina. <http://www.hospitalpaulista.com.br/de-reducao-a-perda-total-saiba-mais-sobre-os-disturbios-de-paladar-leia-a-entrevista-com-a-dra-cristina-nahas/> (acesso em 18 de julho de 2016).

Pinho, Olívia; Ferreira, Isabel M. P. L. V. O. Análise Sensorial Entre A Indústria Alimentar E As Preferências Dos Consumidores. Revista Da Associação Portuguesa De Nutricionistas N.º 5 – Maio 2005. ISSN 1645-1198

Turato, Egberto Ribeiro. Métodos Qualitativos E Quantitativos Na Área Da Saúde: Definições, Diferenças E Seus Objetos De Pesquisa. Revista Saúde Pública 2005;39(3):507-14.

Senac RJ. <http://rj.senac.br/noticias/o-fenomeno-dos-bolos-conheca-os-mais-vendidos-do-brasil>. Publicado em 23/10/2014 (acesso em 27 de setembro de 2015).

Silva, Rosiane Denofre Ventura da. Comparação de Métodos de Extração de Rochas Sedimentares para Estudos Geoquímicos. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Química, Rio de Janeiro, 2011

ANEXO

RESPOSTAS COMPILADAS POR ATRIBUTO

SABOR DO BOLO					
Bolos	Total de respostas				
	1	2	3	4	5
1	1	6	39	36	13
2	2	15	40	30	7
3	8	37	39	10	1
4	0	6	29	35	25
5	5	42	33	12	2
6	6	43	29	13	3
7	3	13	34	34	10
8	7	39	31	15	3
9	0	8	19	34	33

APARENCIA DO BOLO					
Bolos	Total de respostas				
	1	2	3	4	5
1	0	2	27	42	24
2	3	24	47	15	6
3	2	28	30	23	12
4	1	5	19	46	24
5	6	29	35	19	6
6	4	14	34	31	12
7	3	7	35	36	14
8	20	27	22	12	14
9	1	0	13	37	44

SABOR DE CHOCOLATE					
Bolos	Total de respostas				
	1	2	3	4	5
1	2	25	43	22	3
2	18	45	30	1	0
3	16	35	17	25	1
4	2	30	56	5	1
5	30	54	9	2	0
6	9	20	19	32	15
7	3	30	43	18	1
8	14	53	14	11	0
9	0	12	47	27	8

DOÇURA					
Bolos	Total de respostas				
	1	2	3	4	5
1	1	21	57	11	3
2	3	26	44	21	1
3	21	48	19	5	1
4	0	9	54	28	3
5	19	57	13	5	0
6	18	49	21	6	1
7	6	20	34	27	7
8	7	44	31	10	1
9	0	12	42	29	10

TEXTURA					
Bolos	Total de respostas				
	1	2	3	4	5
1	1	21	57	16	0
2	2	23	38	30	1
3	1	1	6	59	27
4	10	47	35	3	0
5	3	12	17	50	13
6	6	4	17	58	9
7	7	6	39	40	2
8	0	2	8	48	37
9	26	38	29	2	0

FIRMEZA DO BOLO					
Bolos	Total de respostas				
	1	2	3	4	5
1	0	9	45	39	2
2	0	2	38	43	10
3	0	1	5	41	47
4	2	15	69	8	0
5	1	2	18	47	26
6	0	3	21	50	18
7	0	3	35	47	10
8	0	1	7	31	55
9	4	17	61	12	0

PESADO / DENSO					
Bolos	Total de respostas				
	1	2	3	4	5
1	2	35	42	16	0
2	2	14	44	33	2
3	1	2	9	56	27
4	13	45	35	2	0
5	2	18	28	39	8
6	0	9	30	44	12
7	0	5	50	34	6
8	0	4	12	44	34
9	12	40	38	5	0

UMIDADE					
Bolos	Total de respostas				
	1	2	3	4	5
1	1	10	53	30	1
2	0	10	53	26	6
3	0	10	17	54	14
4	0	16	65	13	0
5	0	1	11	47	36
6	0	1	9	52	33
7	0	12	29	45	9
8	4	21	26	35	9
9	1	20	57	17	0

UMA BREVE HISTÓRIA SOBRE BOLO

Servir bolos em casamento é tradição desde a Roma antiga. Porém este doce era para ser amassado por cima da cabeça da noiva e não para consumo. Com isso, desejava-se prosperidade, sorte e fertilidade (Castro, 2010). Este costume foi levado por Júlio César para a Bretanha, em 54 aC, e passou a fazer parte dos hábitos das populações locais.

Na Inglaterra, os bolos decorados apareceram pela primeira vez na corte de Elizabeth I; basicamente se usava pasta de amêndoas moldada em vários formatos. Os ingredientes ficavam cada vez mais sofisticados e exóticos, já que o Império britânico fornecia produtos de todo o mundo (Castro 2010).

As primeiras receitas de que se tem registro e a que mais se aproxima dos bolos de hoje é uma receita italiana, de bolo de amêndoas, servida em Nápoles, em 1478.

A tradição de bolos decorados teria começado nos casamentos da realeza europeia do século XVI. O primeiro bolo de andares foi a sensação da cerimônia que uniu a italiana Catarina de Médici e o rei da França Henrique II. Os bolos ricamente decorados passaram a ser um hábito e também um símbolo de status e poder econômico (Castro, 2010).

O primeiro bolo a chegar ao Brasil foi em 24 de abril de 1500, e essa experiência foi narrada por Pero Vaz de Caminha. Neste dia foram convidados dois índios para que comessem junto com os portugueses. O bolo recheado de amêndoa ou creme foi o primeiro doce a ser provado pelos índios e estes não aprovaram o seu gosto. Era diferente de tudo que já tinham comido, e jogaram fora o que foi levado à boca (Castro, 2010).

Hoje podemos afirmar que embora os bolos sempre tenham estado associados a festas e comemorações, com o tempo, tornou-se um alimento mais comum, presente quase que diariamente à mesa. É considerado como um dos componentes principais das festas, como as de aniversário e casamento, por vezes ornamentados artisticamente e ocupando o lugar central da mesa (Castro, 2010).

UMA BREVE HISTÓRIA SOBRE O CHOCOLATE

Os astecas (no México) veneravam o deus Quetzalcoati. Ele personificava a sabedoria e o conhecimento. Foi ele que lhes deu, entre outras coisas o chocolate. O povo festejava as colheitas com sacrifícios humanos, oferecendo às vítimas taças de chocolate chamadas na época de “tchocolath”.

Por volta de 600ac, os maias, que também conheciam o chocolate, estabeleceram as primeiras plantações de cacau em Yucatan e na Guatemala. Entre maias e astecas só a nobreza podia dar-se ao luxo do uso habitual do chocolate. As sementes do cacau eram usadas como moeda.

Já os incas, que viviam há milhares de quilômetros dos astecas, produziam cacau em quantidade suficiente para uso de toda a população (Batista, 2008)

Hernando Cortez, um explorador espanhol, desembarca no México, em 1519, acompanhado de seus soldados. Todos foram recebidos com banquete regado de taças de ouro cheias de “tchocolath”, que era uma bebida amarga e apimentada, bem diferente da forma que é consumido hoje em dia.

O chocolate se espalhou entre a família real e os nobres da corte da Espanha. Para diminuir o sabor amargo do chocolate, os espanhóis diminuía as proporções de especiarias e adoçavam com mel.

No início do século XVII, o italiano Antonio Carletti levou a preparação do chocolate da Espanha para a Itália, onde o chocolate foi adicionado ao café.

O chocolate, em meados do século XVIII, era chamado de “Theobroma”, do grego, e quer dizer “alimento dos deuses”.

O chocolate hoje é um dos produtos mais consumidos no Brasil e no mundo. É um ingrediente versátil e pode ser usado como tablete, bolo, biscoito, sorvete, dentre outros.

Na segunda metade do século XX, o chocolate ganhou sabores especiais de acordo com a cultura local, originando o que hoje conhecemos como, por exemplo, “sachertote” austríaca (bolo de chocolate recheado de damasco).

O BOLO DE CHOCOLATE

No século XVII, enquanto o chocolate era exclusivamente bebido, os confeitadores ingleses estudavam uma forma diferente de consumi-lo. Em 1674, tiveram a brilhante idéia de adicionar cacau às misturas de bolos e servir a nova fórmula em empórios. Começou aí uma combinação que ao longo do tempo ganhou várias receitas (BBEL).